



Földtudományi kutatás
a kis és közepes
radioaktivitású hulladékok
elhelyezésére



Magyar Állami Földtani Intézet
1996



Brzsnýánszky Károly

a MÁFI igazgatója

„Barátunk a Föld. A geológiai kutatás kell hogy tudja a válaszokat azokra a kérdésekre, amelyeket globális környezet-átalakító civilizációnk tesz fel nap mint nap.”



Balla Zoltán

a MÁFI Természeti Erőforrások Főosztályának vezetője

„Egy sikeres kutatási projekt mindig többarcú. Felismerhető és meghatározó jegyeket örököl az analízáló, a legapróbb részletekre kíváncsi kutatóktól, az összegző és az adattömeget egységes következtetés-láncolattá szervező tudósoktól, valamint a széles látókörű tudományszervezőktől.”

Tartalom



A radioaktív hulladék képződése – 3. oldal

- Villamosenergia-termelés és a radioaktív hulladékképződés – 4. oldal
- A paksi atomerőműben keletkező radioaktív hulladékok típusai és mennyisége – 5. oldal
 - Üzemi kis és közepes aktivitású hulladékok – 6. oldal
 - Leszerelési radioaktív hulladékok – 7. oldal
 - A hulladékok izotóppósszetétele – 7. oldal
- Gyűjtés, feldolgozás, csomagolás, belső szállítás – 8. oldal
 - A hulladékok minősítése – 10. oldal
- Térfogatcsökkentési technológiák – 11. oldal
 - Átmeneti tárolás – 12. oldal
 - Végleges elhelyezés – 13. oldal
 - Nemzeti Projekt – 14. oldal
 - Lakossági kapcsolatépítés – 15. oldal

A földtudományi kutatás – 18. oldal

- Elhelyezési koncepció – 22. oldal



- Első kutatási szakasz – 23. oldal
 - Objektumkijelölés – 24. oldal
 - Első döntési szint – 25. oldal



- Második kutatási szakasz – 26. oldal
 - Objektumkijelölés – 28. oldal
 - Második döntési szint – 29. oldal



- Harmadik kutatási szakasz – 30. oldal
 - Harmadik döntési szint – 37. oldal



- Negyedik kutatási szakasz – 38. oldal
 - Felszíni elhelyezés – 38. oldal
 - Údvari – 38. oldal
 - Diósberény – 42. oldal
 - Felszín alatti elhelyezés, Üveghuta – 45. oldal
 - Negyedik döntési szint – 51. oldal



- Kutatási alvállalkozó és adatszolgáltató intézmények – 52. oldal



A radioaktív hulladék képződése

Kényelmesen berendezett civilizációnkban egyre nagyobb gondot jelentenek a keletkező melléktermékek. Felelősségteljes feladatunk azonban, hogy ezek biztonságos elhelyezéséről gondoskodjunk, hiszen nem kényszeríthetjük az utánunk jövő generációkat arra, hogy mai kényelmünk árát megfizessék.

Mielőtt a megoldás lehetőségét biztosító földtudományi kutatást ismertetnénk, ejtsünk néhány szót a megoldandó problémáról, vagyis a radioaktív hulladékokról és keletkezésükről.

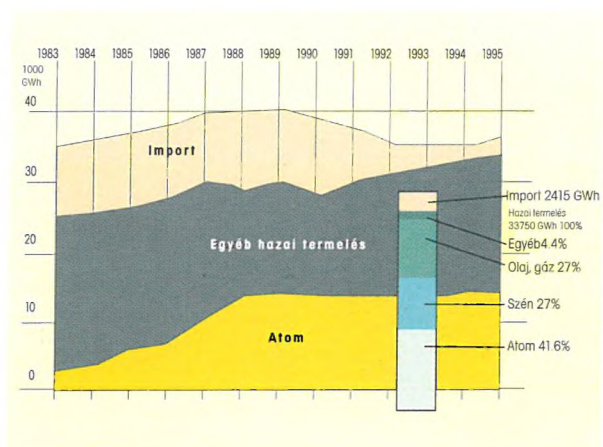
Villamos energia-termelés és a radioaktív hulladék-képződés

Magyarország energiahordozókban szegény ország, ezért az energiaszükségletek jelentős részét kőolaj, földgáz, szén és elektromos áram külföldről történő behozatalával kell biztosítani. Ilyen körülmények között a nukleáris energia alkalmazása nem csak fontos energiaforrás, hanem meghatározó jelentőségű az energiaellátás biztonságának növelésében.

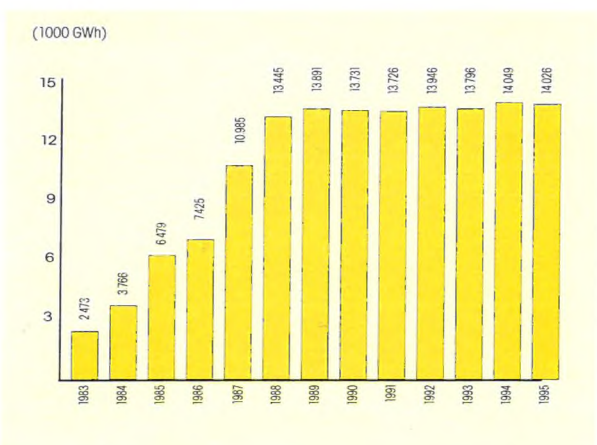


1

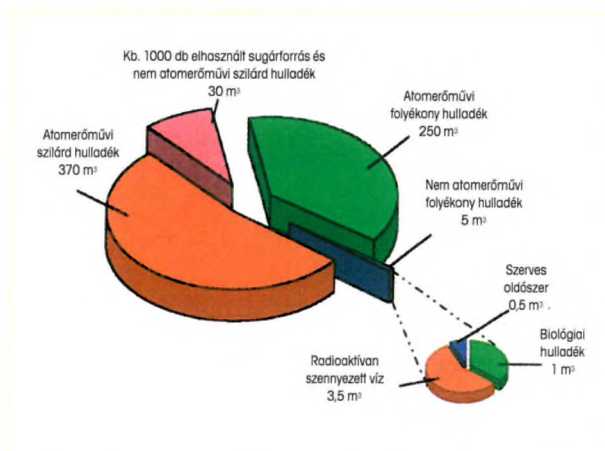
Jelenleg négy VVER-440 típusú atomreaktor üzemel Magyarországon. A paksi atomerőmű blokkjai – villamosteljesítményük egyenként 460 MWe – rendszeresen az ország villamos energiaigényének több mint 40%-át állítják elő. Azóta, hogy az első reaktoregységet 1982 végén üzembe helyezték, 1996. végéig a paksi atomerőmű négy blokkja összesen több mint 150 000 millió kWh villamos energiát állított elő.



2



3



4

1. Helyünk Európában
2. Villamosenergia termelés Magyarországon
3. A Paksi Atomerőmű Rt. villamosenergia termelése
4. Az évente keletkező kis és közepes aktivitású hulladékok mennyisége

A paksi atomerőműben keletkező radioaktív hulladékok és mennyiségük

A nukleáris villamosenergia-termelés elkerülhetetlen melléktermékei a radioaktív hulladékok. Ezek kezelése és elhelyezése nem csak Magyarországnak jelent kihívást, mivel ezzel a feladattal minden olyan országnak számolnia kell, ahol ilyen típusú hulladékok keletkeznek. Radioaktív hulladéknak tekinthető minden olyan anyag, amely valamilyen tervezett nukleáris tevékenység során keletkezik, de további felhasználására már nincs igény, ugyanakkor a benne lévő radioizotópok koncentrációja meghaladja a környezetbe történő és biztonságosnak tekintett kibocsátás vagy elhelyezés határértékeit. Az atomerőművekben kétfajta radioaktív hulladék keletkezik: kis és közepes aktivitású, illetve nagy aktivitású. A reaktorban a fűtőelemeken belül létrejövő láncreakció eredményeként radioaktív hasadási és aktivációs termékek, továbbá transzuránok keletkeznek.

A reaktorban keletkező elhasznált (kiégett) fűtőelemek képezik a nagy aktivitású hulladékok fő forrását. Ezek nagymértékben radioaktívak, és jelentős hőt termelnek a reaktorból való eltávolításukat követően. Kiegett fűtőelemek közvetlen — azaz újrafeldolgozás nélküli — végleges elhelyezésekor a hulladéknak tekinthető részt és a potenciálisan újra hasznosítható komponenseket (urán és plutónium) egymástól el nem választva szigetelik el a bioszférától.

Az újrafeldolgozás során kémiai eljárásokkal elválasztják a még hasznosítható uránt és a frissen termelődött plutóniumot. Az eljárás melléktermékeként visszamaradó, acéltartályokba zárt üvegblokkok képezik a nagy aktivitású hulladékot. Ez idáig a paksi

atomerőmű blokkjaiban képződött kiégett fűtőelemeket 5 év pihentetés után visszaszállították Oroszországba, így nagy aktivitású radioaktív hulladék elhelyezésével nem kellett foglalkoznia az országnak.



Üzemi kis és közepes aktivitású hulladékok

Azért, hogy a hatóságok által előírt, igen szigorú biztonsági határértékeket meghaladó radioaktív kibocsátás a környezetbe megakadályozható legyen, minden radioaktív anyaggal szennyezett hulladékáramot tisztítani és ellenőrizni kell. A tisztítás során felhasznált légszűrők, ioncserélő gyanták és bepárlási maradékok képezik az üzemi kis és közepes aktivitású hulladékokat.



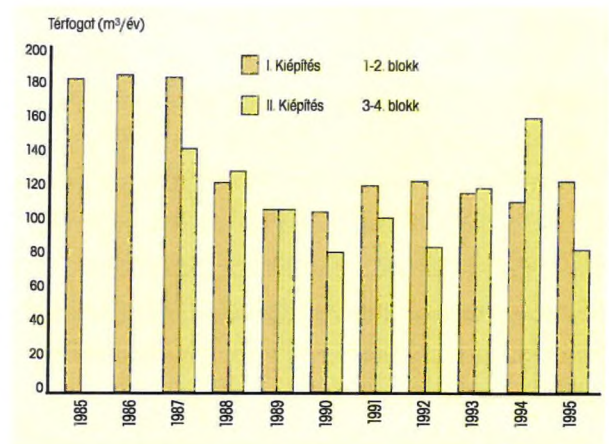
6

A paksi atomerőmű nagy sótartalmú technológiai vizeit bepárlással dolgozzák fel. A keletkező gőzt kondenzálják és ioncserélő oszlopokon tisztítják. A bepárlás során visszamaradt koncentrátum (ún. bepárlási maradék) éves mennyisége a négy blokk üzeme során kb. 200–250 m³.

A tisztított víz vagy visszakerül a folyamatba, vagy pedig azt szigorú ellenőrzés mellett, a hatósági korlátok betartásával a Duna-ba bocsátják. A bepárlási maradékot csővezetéken szállítják a folyékony hulladékok tárolótartályaiba. A kis sótartalmú technológiai vizek tisztítása a radioaktivitás szintjeinek és a szennyezők jellegének megfelelően kiválasztott ioncserélő oszlopok alkalmazásával történik. A négy blokken évente átlagosan 0,6 m³ elhasznált ioncserélő gyanta keletkezik. Az egyéb radioaktív folyékony hulladék (olaj, szerves oldószer stb.) mennyisége kb. 0,5 m³/év.

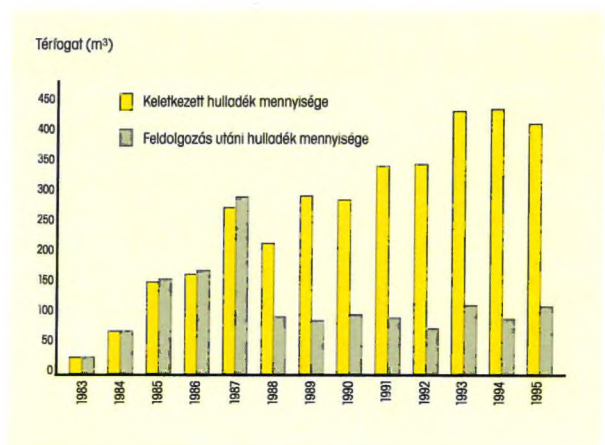


8



5

A kis és közepes aktivitású hulladékok másik nagy csoportját az üzemi területen képződő elhasznált védőeszközök, szerszámok, alkatrészek, tisztítóeszközök képezik, melyek többé-kevésbé radioaktív anyaggal szennyeződtek. A négy blokken keletkező szilárd radioaktív hulladék mennyisége a feldolgozást megelőzően kevesebb mint 450 m³/év, míg a feldolgozást követően kb. 100 m³/év.



7

5. A bepárlási maradék képződésének alakulása az atomerőműben

6. Az atomerőműben víztisztításra használt ioncserélő gyanta

7. A keletkezést és a feldolgozást követő szilárd radioaktív hulladékok mennyisége

8. Radioaktívan szennyezett radioaktív hulladékok

Leszerelési radioaktív hulladékok

Az atomerőművet – hasznos élettartamának lejártával a tervek szerint 30 év múlva – le kell szerelni. A leszerelés (lebontás) során annak módjától és időbeli ütemezésétől függően nagy mennyiségű kis és közepes aktivitású radioaktív hulladék képződésével kell számolni. Amennyiben a leszerelést évtizedekkel a reaktorok leállítását követően végzik el, akkor a radioaktív anyagok nagy része lebomlik, aminek eredményeként a lebontás könnyebben elvégezhető, és kevesebb radioaktív hulladék elhelyezését kell megoldani.

A hulladékok izotópösszetétel

A paksi atomerőmű kis és közepes aktivitású hulladékaiban található – a hulladék-tároló hosszú távú biztonsága szempontjából – „kritikus” radioizotópok egyrészt hasadási termékek, mint pl. ^{90}Sr , ^{99}Tc , ^{134}Cs , ^{137}Cs és ^{129}I ,

másrészt aktivációs termékek, úgymint ^3H , ^{14}C , ^{54}Mn , ^{55}Fe , ^{59}Ni , ^{60}Co , ^{63}Ni , ^{94}Nb .

Ezen kívül található még – bár igen kis koncentrációban – transzurán izotópok is (^{241}Am , ^{242}Cm , ^{244}Cm , U- és Pu-izotópok). Az izotópösszetétel szempontjából a hulladékáramok természetesen nem homogének, hiszen számos, különböző felezési idejű radioizotóp keverékéből állnak. A hulladékokat gyakran csoportosítják még a végleges elhelyezés szempontjai szerint is, különösen a hosszú élettartamú radioizotópoknak – az adott tárolási módhoz rendelhető – megengedett koncentrációja alapján.

A rövid életű hulladékok – melyekben a meghatározó radionuklidok felezési ideje 30 évnél kisebb – radioaktivitása néhány száz év alatt a háttérszintre csökken, ezért ezek végleges elhelyezésre a legtöbb ország felszíni vagy kis mélységű felszín alatti elhelyezést alkalmaz, illetve tervez.

Keletkezési módozatok	rövid/hosszú felezési idő	gamma-sugárzó $E > 100 \text{ keV}$	Röntgen-sugárzó $1 \text{ keV} \leq E < 100 \text{ keV}$	alfa-sugárzó	tiszta béta sugárzó
Hasadási termékek	$t_{1/2} \leq 30 \text{ év}$	^{134}Cs ; ^{137}Cs ;			^{90}Sr ; ^3H ;
	$t_{1/2} > 30 \text{ év}$	^{94}Nb	^{129}I		^{99}Tc ; ^{129}I ; ^{79}Se ; ^{135}Cs ; ^{126}Sn ;
Aktivációs termékek	$t_{1/2} \leq 30 \text{ év}$	^{54}Mn ; $^{110\text{m}}\text{Ag}$; ^{58}Co ; ^{60}Co ; ^{51}Cr ;	^{55}Fe		^3H
	$t_{1/2} > 30 \text{ év}$	^{94}Nb	^{59}Ni ; ^{41}Ca ; ^{36}Cl ;		^{14}C ; ^{36}Cl ; ^{63}Ni ;
Neutron befogásos	$t_{1/2} \leq 30 \text{ év}$				
	$t_{1/2} > 30 \text{ év}$		($^{234,235,238}\text{U}$)	$^{238,239,240,241}\text{Pu}$; ^{237}Np ; ^{243}Am ; ($^{234,235,238}\text{U}$)	

Gyűjtés, feldolgozás, csomagolás, belső szállítás



10



11



12

A paksi atomerőmű fő-, segéd- és egészségügyi épületeiben képződő szilárd radioaktív hulladékok gyűjtése szervezetten történik. A hulladékgyűjtő helyek azokon az épületszinteken és -pontokon találhatók, ahol rendszeresen vagy esetenként (pl. javítás) hulladék-keletkezéssel kell számolni.

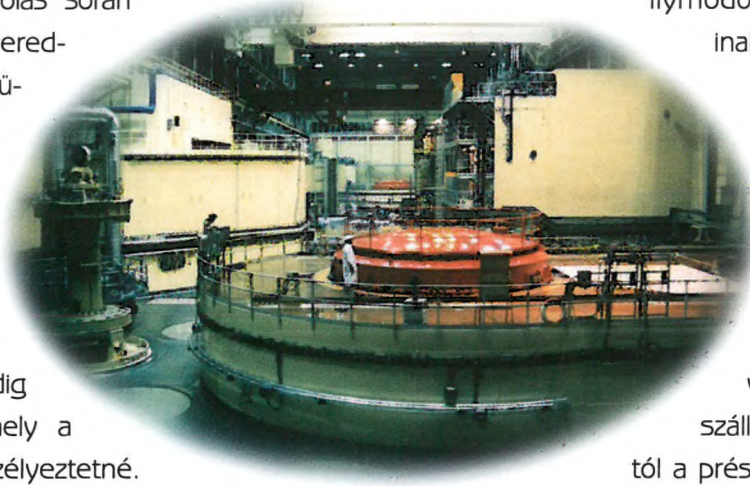
A gyűjtőhelyek vagy állandó, vagy mobil kialakításúak. Jelentős munkaterjedelem esetén (pl. karbantartás) a mobil hulladékgyűjtők száma száznál is több blokkonként. Külön gyűjtik a radioaktív és külön a feltételezetten nem radioaktív hulladékokat. Ezekre egyrészt 200 l térfogatú, gyorszárasú fémhordók, másrészt pedig 50 l-es polietilén zsákok szolgálnak.

Ez utóbbiak olyan fémkeretre vannak rögzítve, melyek fedelét lábbal lehet mozgatni. A radioaktív hulladékok feketére festett, számozott és a sugárveszély jelét tartalmazó hordókba vagy pedig fehér, átlátszó műanyag zsákokba kerülnek a gyűjtés során. Megkülönböztetésül a nem radioaktív hulladékot tartalmazó zsákok színe zöld.

- 10. Radioaktív hulladék gyűjtés az atomerőmű ellenőrzött területén
- 11. Válogató kamra a hulladékok szétválogatására
- 12. Tömörítőprés a szilárd radioaktív hulladékok térfogatának csökkentésére

A szállítás vagy tárolás során folyadékkiválást eredményező anyagot külön gyűjtőedénybe kell helyezni. Műanyag zsákba nem helyezhető 20 kg-nál súlyosabb tárgy, öngyulladásra hajlamos anyag, sem pedig olyan hulladék, amely a zsák épségét veszélyeztetné.

Ezeket eleve fémhordókban kell gyűjteni. A hulladékgyűjtő helyeken a hordó vagy a zsák felületéről 10 cm távolságban mért dózis nem lehet $20 \mu\text{Gy/h}$ -nál nagyobb. Ha ennél magasabb a sugárzás intenzitása, akkor kiegészítő árnyékolást kell alkalmazni, vagy pedig a hulladékot azonnal az átmeneti tárolásra szolgáló helyre kell szállítani. A hulladékgyűjtés során az alábbi fontos kiegészítő műveletek történnek: a sugárzás intenzitásának mérése a göngyöleg felületén, jegyzőkönyvezés, a göngyöleg épségének ellenőrzése, véletlenszerű mintavétel a hordók felületének szennyezettség ellenőrzésére. Egy válogató kamra segítségével mód van a radioaktív és radioaktívnak nem minősülő szilárd hulladékok – elsősorban az ún. háztartási jellegű (védőeszközök, festékes dobozok) – szétválogatására.



Ily módon a kiválogatott és inaktívnak bizonyuló hulladékok a városi szeméttelen helyezhetők el. A radioaktív hulladékokkal teli hordókat az atomerőmű ellenőrzött zónáján belül villamos targoncával szállítják a gyűjtési pontoktól a présberendezéshez, illetve

az átmeneti tárolóba. A szilárd radioaktív hulladékok nagy része préselhető. Ezen művelet elvégzésére egy magyar gyártmányú, 500 kN nyomóerejű prés szolgál, mely 200 l-es hordókban kompaktálja az összenyomható hulladékokat. Így az eredeti térfogat ötödére csökkenthető a hulladék mennyisége.

Egyéb felaktiválódott fémkomponensek (pl. a reaktor belső szerkezeti elemei, szabályozó rudak stb.) a magyar szabvány szerint nagy aktivitású hulladéknak minősülnek. Ezeket átmenetileg az atomerőmű reaktorcsarnokaiban található, kimondottan erre a célra kialakított fémtároló kutakban helyezik el. Ezen hulladékok végső elhelyezésére az atomerőmű leszerelésekor kerül sor.



A hulladékok minősítése

A radioaktív hulladékok minősítése az az eljárás, melynek során meghatározzák a hulladékban, ill. a hulladékcsomagban lévő radionuklidok koncentrációját és mennyiségét. A legtöbb esetben a minősítés segítségével végezhető el a hulladék osztályba sorolása, melynek alapja a hulladékban lévő rövid és hosszú életű izotópok koncentrációja. A hulladékcsomagokban, ill. a tárolóban megengedett radionuklid koncentrációkat a hulladéktároló környékén élő lakosság egyedeire megengedett éves dóziskorlátból származtatják. Ebből következően a pontos hulladékminősítés igen fontos, mivel ez alapján dönthető el, hogy a hulladékcsomagok elhelyezhetők-e felszíni tárolóban, vagy pedig felszín alatti, geológiai megoldást kell választani. A hulladékok izotópszármaztatásának ismerete a tároló hosszútávú biztonságának megítélését célzó elemzésekben is nélkülözhetetlen. A hulladékminősítés nehézsége abban áll, hogy azon radioizotópok, amelyek (tiszt) béta- ill. alfa-sugárzók, nem mérhetők olyan közvetlen módszerekkel, mint a gamma-sugárzók. Ezek meghatározása olyan radiokémiai és nukleáris mérés technikai módszereket igényel, melynek rutinszerű alkalmazása nem könnyű. A radionuklid-készlet meghatározása történhet roncsolásos és roncsolásmentes módszerekkel, mint pl. réteg (szegmentált) gamma-spektrometriával vagy tomográfiával. Mivel számos – a hulladéktároló biztonsága szempontjából fontos – radioizotóp nem gamma-sugárzó, következésképpen az atomerőműveknél alkalmazott rutin mérési módszerekkel nem lehet

mérni. Ezeknek az ún. „nehezen mérhető izotópok” koncentrációjának meghatározása közvetett módszerekkel történik.

1992-ben a hulladékelhelyezés Nemzeti Programjához kapcsolódóan a Paksi Atomerőmű Rt. egy átfogó hulladékminősítési program kidolgozását és bevezetését kezdte el. A monitorozó

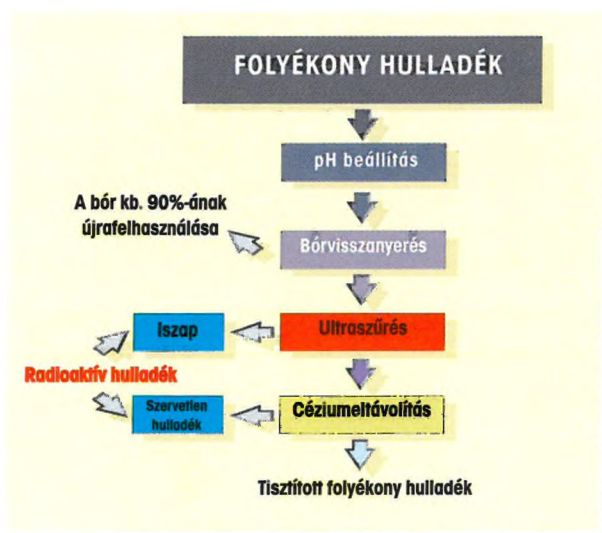


13

program célja egy olyan roncsolásmentes rendszer kidolgozása volt, melynek segítségével meghatározható a szilárd vagy szilárdított radioaktív hulladékok gamma-sugárzó izotópjainak koncentrációja. Az üzembe helyezett pásztázó gamma-spektrometriai rendszer segítségével rétegenkénti felbontásban határozható meg a 200 literes hordóba préselt vagy helyezett hulladékok gamma-sugárzó izotópjainak aktivitáskoncentrációja. A minősítő program keretén belül egy ún. radioanalitikai alprogram kidolgozásával a hosszú életű, nem gamma-sugárzó komponensek meghatározását kellett megoldani. A figyelembe vett radionuklidok az alábbiak voltak: ^3H , ^{14}C , ^{55}Fe , ^{59}Ni , ^{99}Tc , ^{129}I , ^{36}Cl és a transzurán-izotópok. A fejlesztések során mintaelőkészítési, -feldolgozási és -mérési módszereket dolgoztak ki a résztvevő intézmények szakemberei. Az újonnan kifejlesztett módszerek kipróbálása valós hulladékmintákból – mint pl. bepárlási maradékból vagy ioncserélő gyantából – történt. A program keretében elvégzett nagy számú mérés számos új adattal és információval gazdagította a VVER típusú atomerőművek radioaktív hulladékainak összetételéről szerzett eddigi tudást, ezzel is segítve a biztonságos hulladéktároló tervezését.

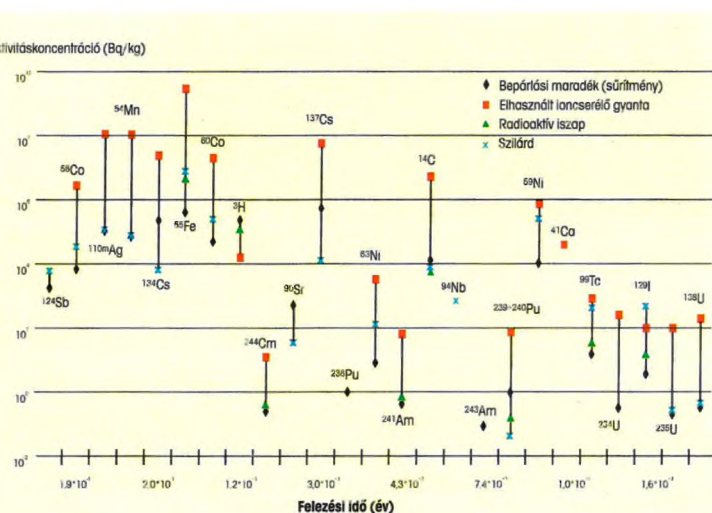
13. Szilárd radioaktív hulladék minősítő berendezés

14. A paksi atomerőmű kis és közepes aktivitású radioaktív hulladékainak átlagos aktivitáskoncentrációja

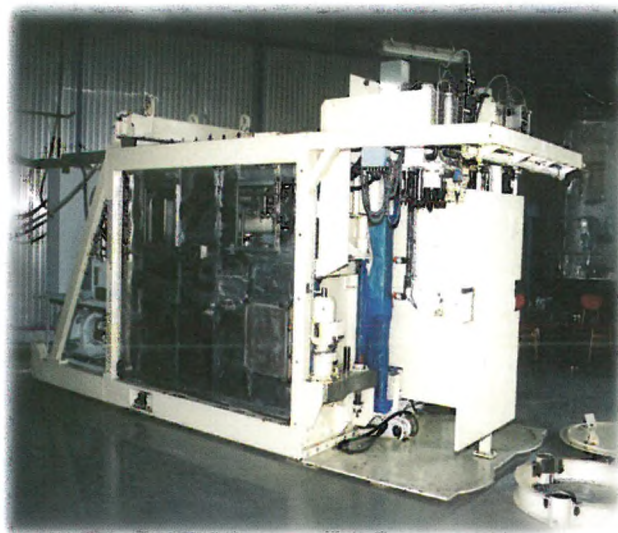


15

A Paksi Atomerőmű Rt. nemzetközi tendert hirdetett a radioaktív hulladékok mennyiségének csökkentését biztosító technológiák kiválasztására. A szakértőkből álló bizottság a finn IVO International cég folyékony térfogatcsökkentő technológiáját választotta ki. Ez a technológia három alrendszerből áll, úm. bőrviszanyerő rendszerből, ultraszűrő és céziumeltávolító egységből. A technológia alkalmazásának legfontosabb célkitűzése a folyékony hulladékok térfogatának jelentős csökkentése.



14



16

Ez azt jelenti, hogy a radioizotópokat kis térfogatban koncentrálnak, míg a hulladék nem radioaktív részét – a vonatkozó hatósági előírások betartása mellett – az eddigi gyakorlatnak megfelelően kibocsátják. A hulladék összetételétől függően a tervek szerint elérhető térfogatcsökkentési tényező kb. 20–50 lesz. A céziumizotópra vonatkozó dekontaminációs tényező több mint 1000, a többi radioizotópra pedig kb. 100. A célok között szerepel továbbá a bepárlási maradékban található bőr kinyerése és újrafelhasználása. A hulladék koncentrációjától függően a bőr akár 90%-a is visszanyerhető a kezelt folyékony hulladékból.

A jelenleg már az üzem területén található mobil cementező egység (MOWA) szolgál majd a finn technológia révén elválasztott iszapok, zagyok cementbeágyazására. Ugyancsak ezzel a rendszerrel szilárdíthatók majd egyéb folyékony hulladékok is. Az IVO-technológiában alkalmazott ioncserélő oszlopokat használat után speciális betonkonténerekbe helyezik. Az ultraszűrő elhasznált membránjait és különböző szűrőtölteteket ugyanúgy kezelik és tárolják majd, mint az atomerőműből származó egyéb szűrőpatronokat.

Átmeneti tárolás

A hulladékok átmeneti tárolása mindössze egy lépés a radioaktív hulladékkezelés teljes láncolatában. Célja a hulladékok ellenőrzött, ideiglenes tárolása a végleges elhelyezést megelőzően.

Ilyen közbenső tárolásra Pakson azért van szükség, mert ugyan a végleges elhelyezés bizonyítottan megvalósítható, mégis az új hulladék-tároló létesítmény üzembe vétele 2002 előtt nem várható Magyarországon. A paksi atomerőmű segédépületében korlátozott mennyiségben ugyan, de mód van a szilárd hulladékot tartalmazó hordók végleges elhelyezést megelőző ideiglenes tárolására. Ezen ideiglenes elhelyezés bizonyos építészeti átalakításokat követően kellő kapacitást biztosít a hulladékok üzemterületi tárolására a végleges telephelyre történő elszállítás előtt. A folyékony radioaktív hulladékok feldolgozás előtti átmeneti tárolása szintén az atomerőmű segédépületeiben található rozsdamentes tartályokban történik.

A paksi atomerőműben a bepárlási maradékok tárolására 4300 m³ tárolótér fogat áll rendelkezésre, melynek több mint a felét 1996 végére már elfoglalták az eddig keletkezett víztisztítási maradékok.

Az elhasznált ioncserélő gyanták átmeneti tárolására kellően nagy tárolási kapacitás van az üzemi területen. A 2100 m³ összes tartálytér fogatból 1996-ig mindössze kb. 30 m³-t foglalt el az ioncserélő oszlopokból eltávolított víztisztító gyanta.



17

17. Átmeneti hulladéktárolás az atomerőmű ellenőrzött területén

Végleges elhelyezés



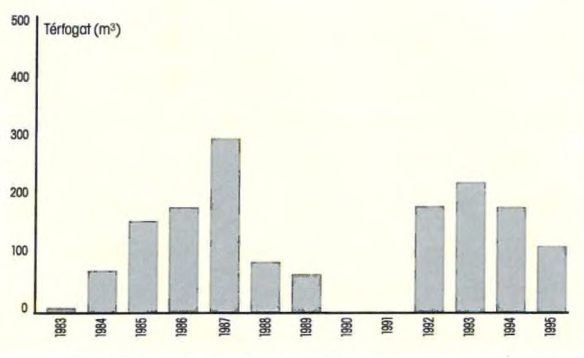
18

Püspökszilágyban (Budapesttől kb. 30 km-re) 1976-ban megnyílt az a radioaktív hulladék-feldolgozó és -elhelyező létesítmény, mely az ország kutató-, orvosi, és ipari intézményeiben keletkező radioaktív hulladékokat fogadja. Ez egy felszín közeli, betonmedencés tároló. Mivel nem áll rendelkezésre külön a paksi atomerőműből származó kis és közepes aktivitású radioaktív hulladékok elhelyezésére szolgáló

Három évvel később – miután sikerült megegyezni a helyi önkormányzatokkal – ismét mód nyílt az atomerőmű kis aktivitású, szilárd hulladékainak elhelyezésére. Ez a gyakorlat 1996 végéig folytatódott. A Püspökszilágyban jelenleg rendelkezésre álló tárolási kapacitás még hosszú időre elegendő nem atomerőművi radioaktív hulladékok elhelyezésére, ám a paksi atomerőmű kis és közepes aktivitású hulladékainak elhelyezésére új tárolót kell létesíteni. A véglegesen elhelyezendő különböző hulladéktípusok mennyisége a 30 évre tervezett üzemi élettartam és az idáig regisztrált hulladékelektkezési sebességek alapján becsülhető.



19



20

telephely, ezért hatósági engedéllyel mód nyílt arra, hogy a szilárd, kis aktivitású erőművi hulladékokat Püspökszilágyban helyezték el. 1989-ben erős lakossági tiltakozás miatt ez a gyakorlat azonban ideiglenesen szünetelt.

A préselt ill. a préseletlen szilárd hulladékok tervezett összterfoga kb. 3500 m³ (kb. 17 500 db 200 l-es hordó).

A véglegesen elhelyezendő bepárlási maradék térfoga 7500 m³, míg az elhasznált ioncserélő gyantáké 320 m³.

A bepárlási maradékokat a jelenlegi tervek szerint 400 literes hordókat alkalmazva cementbe ágyazzák. Ily módon 40 000 db cementezett hordót kell elhelyezni. Az ioncserélő gyantákat várhatóan 5300 db 200 l-es hordóba lehet majd cementezni.

A tároló tervezésénél azt feltételezik, hogy az atomerőmű négy blokkjának leszerelésekor kb. 20 000 m³ kondicionált, kis és közepes aktivitású radioaktív hulladék keletkezik.

18. Hulladékos hordók elszállítása az ellenőrzött területről

19. Hulladékos hordók kirakodása a püspökszilágyi telephelyen

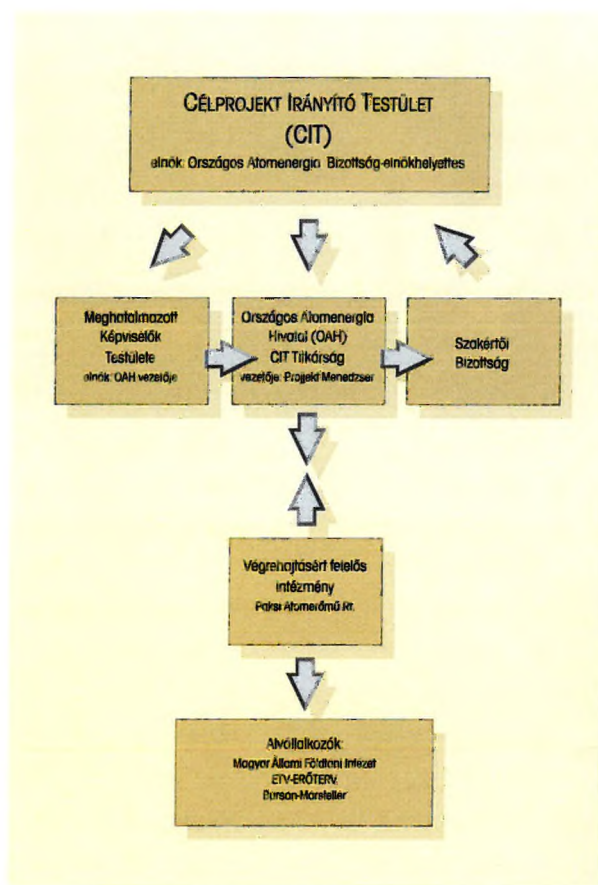
20. Az atomerőműből végleges elhelyezésre eddig elszállított radioaktív hulladékok mennyisége

Nemzeti Projekt

Az Országos Atomenergia Bizottság kezdeményezésére a kormány 1992-ben Nemzeti Projektet hozott létre a paksi atomerőműben keletkező kis és közepes radioaktivitású hulladékok elhelyezésére alkalmas telephely felkutatására és a tároló megépítésére. A döntés értelmében az alapcélkitűzés leghatékonyabban egy olyan projekt keretében valósítható meg, amelyben aktív szerepet vállalnak az érintett minisztériumok és intézmények. Valójában ez a döntés azt a felismerést tükrözte, hogy mivel a paksi atomerőmű megbízható üzemeltetése nemzeti érdek, ezért a vállalatot nem célszerű magára hagyni a radioaktív hulladékok elhelyezésével kapcsolatos probléma megoldásában. A határozat megvalósítására a Paksi Atomerőmű Rt. és számos minisztérium képviselője javaslatot készített elő. Az Országos Atomenergia-Bizottság a projekt indítása kapcsán fontosnak tartotta, hogy komplex stratégia készüljön, amely foglalkozik az üzemeltetés során keletkező kis és közepes aktivitású hulladékokkal, a fűtőelemciklus lezárásával összefüggő hulladékos kérdésekkel, valamint az atomerőmű leszereléséből származó hulladékok elhelyezésével. Külön hangsúlyt kapott, hogy a stratégiában a műszaki megvalósíthatóság különböző alternatíváit kell vizsgálni, így a hulladék elhelyezésnél a felszíni és felszín alatti elhelyezés lehetőségeit, és külön kell értékelni a gazdasági, engedélyezési és lakossági kapcsolatteremtési kérdéseket.

A létrejött alapszerződés értelmében a Nemzeti Projekt két fázisban valósul meg.

Az elsőben a tároló létesítmény telephelyére vonatkozó döntést kell meghozni, míg a másodikban a létesítmény megépítésére kerül sor.



21

A közvélemény tájékoztatását a Nemzeti Projekt eseményeiről, a vizsgálati eredményekről és minden ezzel összefüggő kérdéssel különösen fontosnak ítélte a projekt keretében működő Projekt Irányító Testület, mely a résztvevő minisztériumok magasrangú képviselőiből áll. E testület munkáját Szakértői Bizottság segíti. A projektben a Paksi Atomerőmű Rt. mint a feladatok végrehajtásáért felelős szervezet működik. A Nemzeti Projekt első fázisának feladatait egyrészt a Központi Műszaki Fejlesztési Alapból, másrészt a Paksi Atomerőmű Rt. hozzájárulásából fedezték.

Lakossági kapcsolatteremtés

A Nemzeti Projektben érintett szervezetek képviselőiből álló bíráló bizottság 1994. júliusában közzétette a lakossági kapcsolattartási, „PR” tevékenység előkészítésére és megvalósítására vonatkozó versenykiírás eredményét. Mivel igazi profikra volt szükség, egy elismert céget, a Burson–Marsteller Budapest Kft.-t, a Young and Rubicam Inc. egyik tagját választották ki erre a munkára. A PR-kampány végrehajtását három szintre tervezték:

- az általános közvéleményre;
- speciális csoportokra (a kormány, a médiumok, a környezetvédők és az atomenergia-ellenes aktivisták);

- a tároló létesítésére alkalmasnak vélt területek lakosságára.

Ami az általános közvéleményt illeti, szembe kellett nézni az atomenergiával kapcsolatos kedvezőtlen általános véleménnyel. Mivel a javasolt megoldás elutasítása főleg az ismeretek hiányán alapult, a lehető legkorábbi szakaszban az országos médiumokat kellett tájékoztatni a projektről. Az országos információs program célja a nukleáris energiával kapcsolatos tévhitek eloszlása volt, különösen a radioaktív hulladéktárolás területén.

A speciális csoportok támogatásának megszerzése vagy legalábbis ellenállásuk csökkentése fontos elvárás volt a projekt sikere szempontjából. Alapkövetelményként fogalmazódott meg a politikusok és más döntéshozók támo-

gatásának megnyerése, egy teljesen nyílt információs politika következetes megvalósításával, hiszen ha ők nincsenek tisztában a téma jelentőségével, könnyen meghiúsulhat a projekt egy feszültebb politikai légkörben (pl. választási időszakban). A médiumok nagyobb befolyásra tettek szert a közvélemény alakításában. Fontos volt a velük való jó kapcsolat ápolása.

Ami a helyszíni kapcsolatépítést illeti, minden tevékenység, rendezvény, és program fő célja a hosszú távú kapcsolat megteremtése volt a

helyi közösségek és a Paksi Atomerőmű Rt. között, továbbá az, hogy folyamatosan fenntartható legyen a helyi lakosság érdekeltsége és bizalma a fejlesztések során. Látogatásokat szerveztek az atomerőműbe, és a működő püspökszilágyi hulladéktárolóba, hogy megmutassák a lakosságnak, milyen módon keletkezik a hulladék, és hogyan kezelik azokat.

A látogatás kitüntetett helyen szerepel a PR-tevékenységek kö-

zött. Biztos, hogy sokkal hatékonyabb, mint bármilyen szóbeli meggyőzés vagy elméleti előadás, mivel fizikai tapasztalást nyújt, közvetlen kapcsolatot létesít az atomenergia realitásaival. Ezen felül a látogatók találkoznak a nukleáris létesítményeket üzemeltető férfiakkal és nőkkel, és meggyőződhetnek arról, hogy ezek ugyanolyan emberek, mint ők maguk. Ez a személyes tapasztalat eloszlalt egy sor, a nukleáris technológiát körülvevő tévhitet.



A PR stratégiájának megfelelően a végleges tárolót úgy kellett bemutatni, mint egy kölcsönösen előnyös megoldást, amely az önálló partnerek önkéntes együttműködésén alapul, az egész ország érdekét szolgálja anélkül, hogy bárkit bármire is kényszerítene. Az együttműködés alapja a helyi lakosság bizalma.

A projekt hitelét és megbízhatóságát erősítendő, a PR-tevékenységbe rendszeresen bevontak külső támogatókat is (magyar és külföldi tudósokat, továbbá a tárolóknak helyet adó közösségek lakóit és vezetőit).

Már kezdettől teljesen világosan be kellett mutatni, hogy a javasolt tárolóban milyen típusú radioaktív hulladékot szándékoznak elhelyezni, és ezeknek a hulladékoknak melyek a legfontosabb jellemzői. Minden, az előzetes geológiai szűrés után szóba jöhető terület önkormányzatának érdeklődést felkeltő levelet küldött ki a PR-cég. Ez az első levél csak bemutatkozó jellegű volt, és a polgármestereket tájékoztatta a Projekt állásáról, és nem tartalmazott semmilyen döntést igénylő kérést.

Egyértelművé tették: tároló csak abban a közösségben épülhet meg, ahol a lakosság többsége azzal egyetért. Megadták a levélben a Burson-Marsteller telefonszámát, mint „forró” vonalat, ahol további információt lehetett kérni.

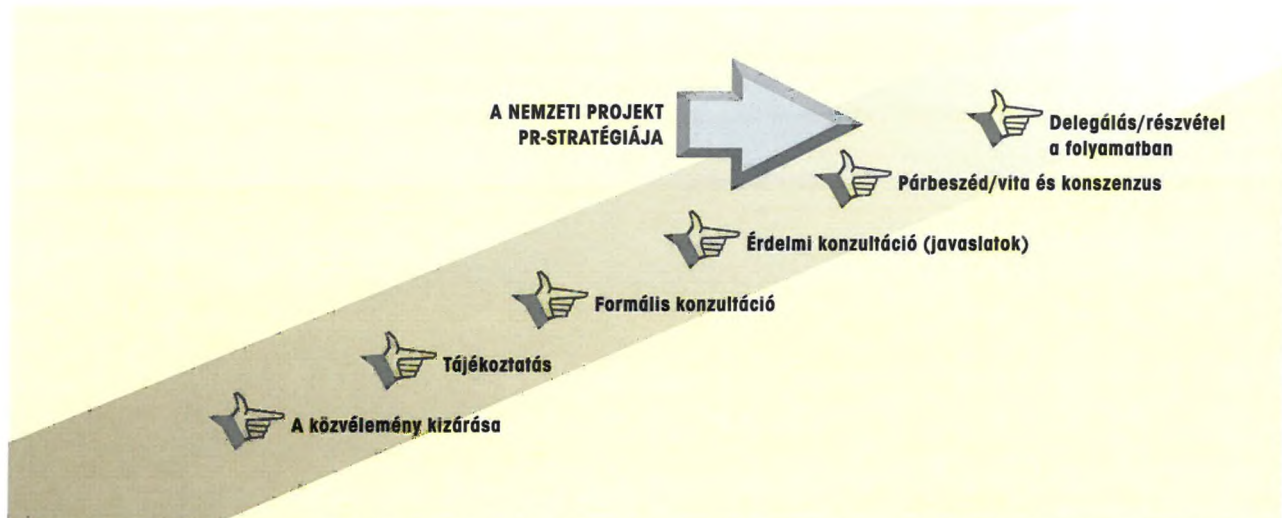
Amint várható volt, néhány önkormányzat további információkat kért, ugyanakkor mások nem válaszoltak, vagy éppen visszautasították a meghívást. Akik jelezték érdeklődésüket, bekeverültek a projekt következő fázisába. Azoknak a közösségeknek, amelyek jelezték, hogy érdeklődnek a kis és közepes aktivitású hulladékéltelvezés Nemzeti Projektje és a területkiválasztási folyamat iránt, rendszeres tájékoztató fórumot tartottak. Ebben a szakaszban az önkormányzati képviselő-testületek játszották a kulcsszerepet a helyi lakosság tájékoztatásában. Egy konzultációs folyamaton keresztül a fő feladat az volt,

hogy az összes érdeklődő és potenciálisan érintett személy teljes ismeretanyaghoz jusson, és megkapja a véleménynyilvánításnak, az aggodalmak kifejezésének lehetőségét. A szakértők részletesen tájékoztatták az érdeklődőket a műszaki lehetőségekről és a beruházás révén várható előnyökről. Később információs összejöveleket tartottak, ahol ismertették a folyamat főbb elemeit. A hangsúlyt ezeken a megbeszéléseken a tárolandó radioaktív anyagok jellegének, a potenciális veszély mértékének és a közösség folyamatbeli szerepének ismertetésre helyezték.

Időközben bevezető sajtókonferenciát tartott a PR-cég a média képviselőinek. A kommunikáció szempontjából nem csak a sajtó fontos, hanem a szakmai közvélemény is (geológusok, hidrológusok stb.), ezért egy tudományos napot szerveztek a Természettudományi Társulattal karöltve. Egy alkalommal a Parlament Környezetvédelmi Bizottsága Pakson, az atomerőműben tartotta kihelyezett ülését. A megbeszélés egyik tárgya a kis és közepes aktivitású hulladékok elhelyezése volt. 1995 áprilisában befejeződött a területkiválasztó szűrés második szakasza. A kiválasztott körzet 5000 km²-re szűkülte. Az új helyzet megkövetelte, hogy egy újabb levelet küldjenek mind az újonnan bekeverült, mind az előző szakaszban már megszólított közösségek polgármestereinek. A második vizsgálati szakasz egyik lehetséges eredménye az volt, hogy a kutatók nem találtak alkalmasnak tűnő geológiai befogadót a támogatást kinyilvánító közösséghez tartozó területen. Ekkor a PR-cég megköszönte az érintett önkormányzat addigi segítségét. A második esetben a terepi

vizsgálatok megerősítették, hogy potenciális területek állnak rendelkezésre az érintett önkormányzat közigazgatási területén. Miután a közösség elegendő információt kapott, és az ide vonatkozó témákat kellően megvitatta, az eredményt





22

a helyi önkormányzati testület által szervezett közvélemény-kutatással tesztelték. Ebben a második levélben a Burson–Marsteller Kft. ismertette az újabb eredményeket, és választ kért a további részvételre vonatkozóan. A levél számos előnyt kínált fel a befogadó községeknek. A válaszadást megkönnyítette egy mellékelt kérdőív. A korábbi falugyűlések tapasztalatai alapján a levélben néhány jellemző kérdést már eleve megválasztottak. A helyi közösségnek nyújtandó előnyök között az alábbiak szerepeltek: infrastrukturális fejlesztésre kerül sor (a tárolót megfelelő infrastruktúrával, pl. utakkal, távközléssel stb. kell ellátni); a tároló számos új munkaalkalmat teremt; az ott dolgozók személyi jövedelemadójának egy része az önkormányzat-hoz kerül vissza; a község iparüzési adót kap; a tárolóban elhelyezett hulladék után külön fizet a

beszállító; az ilyen típusú tároló várható üzemélettartama kb. 30 év, vagyis ez idő alatt a község jövedelemhez jut. A második levél annyiban is különbözött az elsőtől, hogy választ várt az önkormányzatoktól: hozzájárulnak-e a község területén elvégzendő első kutató feltárásokhoz. A korábbi vizsgálatok és biztonsági elemzések eredményeit is figyelembe véve a Nemzeti Projekt Irányító Testülete a pozitívan nyilatkozók közül három önkormányzatot választott ki, ahol a kutató fúrások megkezdődhetnek. Másik három település tartalékba került. A helyszíni vizsgálatok során is folytatódott a társadalom informálása a projektről. Az érintett önkormányzatokon kívül a szomszédos települések is tájékoztatást kaptak. A sajtó és a szakmai közvélemény a korábbiakhoz hasonlóan, szervezett módon jutott információkhoz (sajtótájékoztató, tudományos ülés stb.).





A földtudományi kutatás

A földtani kutatást a Paksi Atomerőmű Rt. megbízásából a Magyar Állami Földtani Intézet folytatta le 1993-tól 1996-ig. A geológiai eredmények előtt azonban érdemes néhány szót szólni a Földtani Intézet történetéről, tevékenységi köréről.

I. Ferenc József, Magyarország királya 1869. június 18-án írta alá a Magyar Királyi Földtani Intézet megalapítását engedélyező okmányt. Ennek értelmében még abban az évben megkezdhette működését a világ legkorábbi földtani intézete, amely Magyarország első állami, tudományos kutatóintézete volt. Az intézet 1899. október 12. óta a Lechner Ödön által tervezett, szecessziós stílusú, európai viszonylatban is számottevő művészettörténeti értéket képviselő épületben működik. Az épület alig két év alatt, 1898–1899 között készült el. Az építési költségeket a magyar állam és Semsey Andor, a tudomány nagy mecénása állta, a telket pedig a főváros adományozta. Az intézet, bár megalapítása óta sok változáson ment keresztül, mindvégig az alapszabályban meghatározottak szerint tevékenykedett, és a tudomány művelése mellett mindenkor igyekezett a gyakorlati élet elvárásainak is megfelelni.





Kutatási és

Negyedik kutatási szakasz

Fúrásos kutatás

Harmadik kutatási szakasz

Munkálatok a kijelölt területeken

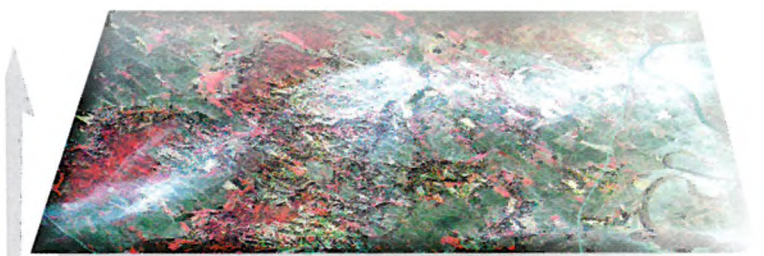
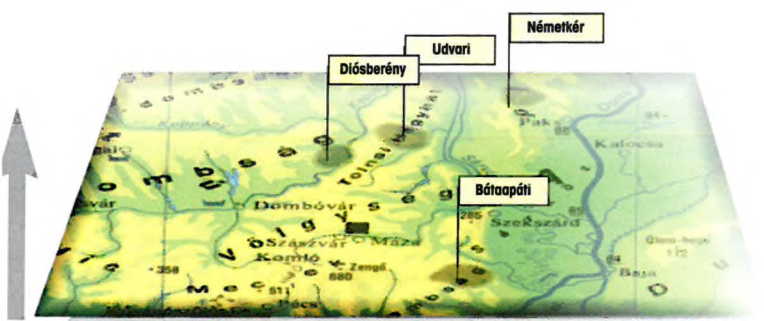
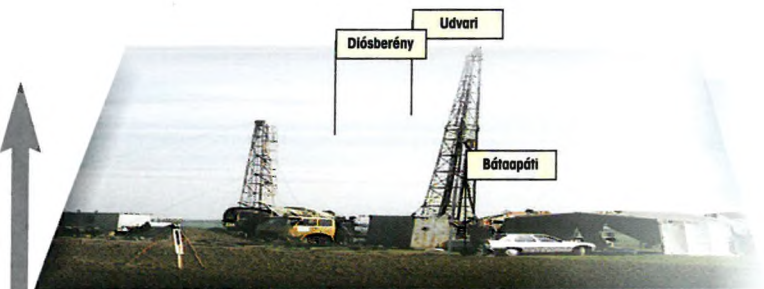
Második kutatási szakasz

Kizáró szűrés és objektumkijelölés a Mezőföldön és környékén

Első kutatási szakasz

Kizáró szűrés és objektumkijelölés az ország egész területén

döntési séma



Negyedik döntési szint



Harmadik döntési szint

Diósberény, Üveghuta, Udvari



Második döntési szint

Diósberény, Németkér, Udvari, Üveghuta



Első döntési szint

Mezőföld és környéke

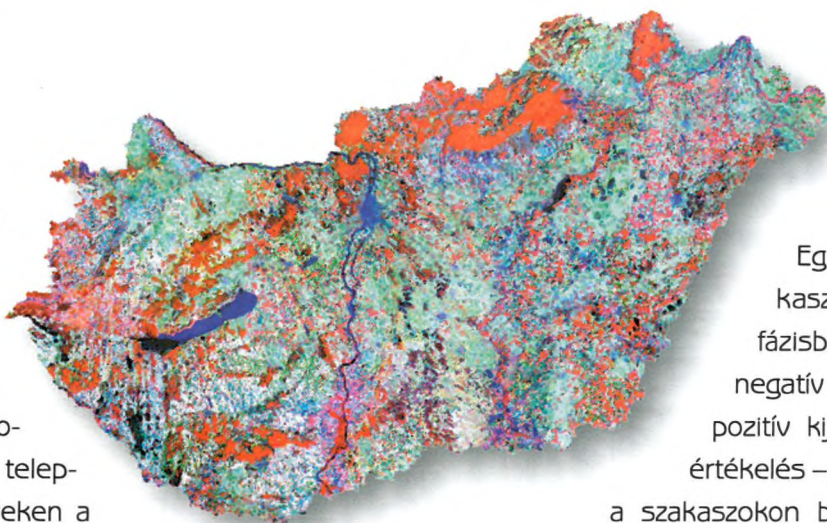


A Nemzeti Projekt

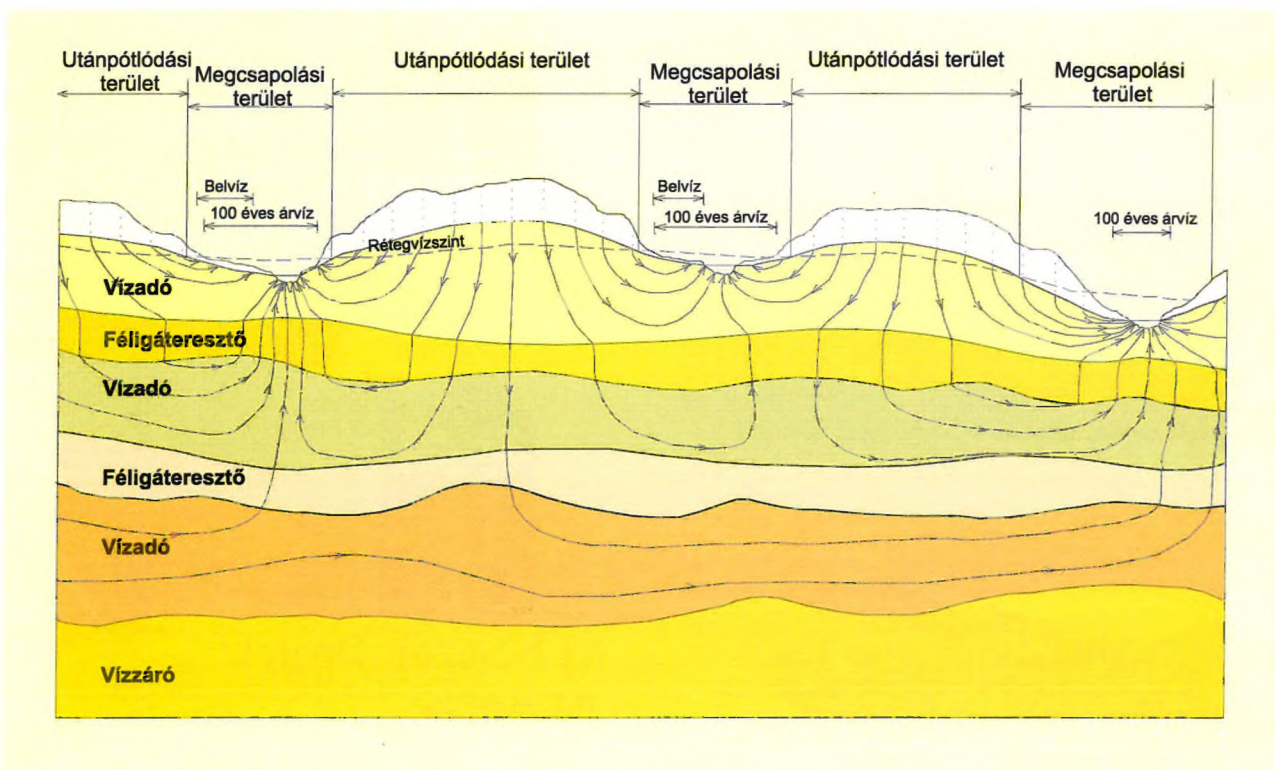
megalakulása

Elhelyezési koncepció

Mivel a majdani tárolót, akárhol is legyen, a geoszféra veszi körül, az elhelyezés koncepcióját a földtan nyelvén kellett megfogalmazni. A földtudományi kutatás célja olyan telephelyek kimutatása, amelyeken a tárolóból esetleg kiszabaduló radioaktív szennyeződés bioszférába jutását földtani gát akadályozza meg; *feladata* mindazon vizsgálatok lefolytatása, amelyek telephelyek kimutatásához és értékeléséhez szükségesek; *módszere* a fokozatos megközelítés, amely a leggazdaságosabb megoldás is, hiszen az egyre költségesebb kutatásokat egyre kisebb területre korlátozza. A kutatás szakaszokban valósul



meg. Egy-egy szakasz három fázisból áll – negatív kijelölés, pozitív kijelölés és értékelés –, amelyek a szakaszokon belül ciklikusan ismétlődnek. A geológiai módszerekkel kiválasztott telephelyek értékeléséhez és minősítéséhez már nem csak földtani szempontokat, hanem az érintett lakosság véleményét, a műszaki lehetőségeket, a létesítési költséget és a környezeti hatást is figyelembe kell venni. A következőkben azonban csak a földtudományi kutatásról lesz szó, amely a Nemzeti Projekt értelmében az ország egész területére kiterjedt.



Első kutatási szakasz

A vizsgálat három fázisának tartalma a következő: először a *negatív kijelölés* vagy szűrés módszerét alkalmaztuk, azaz kizártuk mindazon körzeteket, amelyeket a hulladéklerakótól politikai, gazdasági, földtudományi stb. megfontolásokból védenünk kell, vagy amelyekben a hulladéklerakót kell védenünk különböző ipari és természeti hatásoktól. Ezután a *pozitív kijelölés* következett, azaz hulladéklerakásra távlatilag vagy előzetesen alkalmas objektumokat (később telephelyek) kerestünk a megmaradt körzeteken belül. Az utolsó fázis az objektumok, később telephelyek *értékelése* volt alkalmassági szempontból, amelyen a földtani gát minősége értendő.



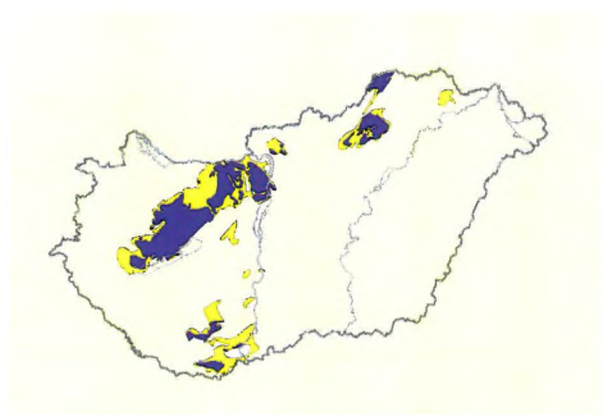
24

KIZÁRTUK MERT

veszélyesek lehetnek a tárolóra

elhelyezési típustól függetlenül a földrengési fészkek és a fiatal törés menti mozgások, a robbanásveszélyes anyagokat előállító vagy tároló létesítmények, a működő és felhagyott bányák, valamint a kőolaj- és földgázvezetékek; *felszíni elhelyezésnél* az árvizek és belvizek, az aktív és lehetséges földcsuszamlások, a kis terhe bírású kőzetek, valamint a tőzeg, öngyulladás, és az anhidrit, vízfelvevő duzzadási hajlama miatt.

24. Negatív kijelölés az ország egész területére – 30 km-es sáv a határ mentén
25. Negatív kijelölés az ország egész területére – karsztképződmények 100 és 500 méternél kisebb mélységben



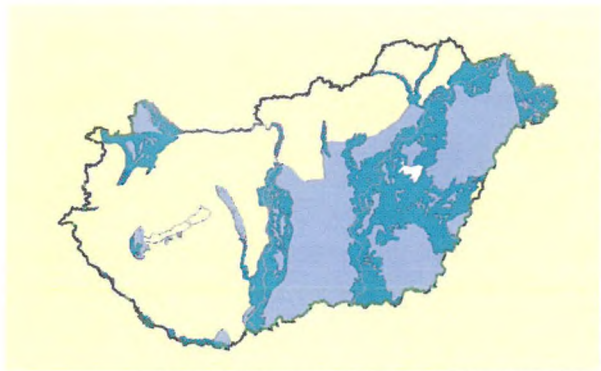
25

Objektumon földtanilag alkalmas térrészt értünk, amelyen belül a sokkal kisebb telephely bárhol elhelyezhető. A negatív és pozitív kijelölés egyaránt a Nemzeti Projekt keretében kidolgozott és jóváhagyott követelmények alapján történt 1:500 000-es méretarányban. Elsőként a *negatív kijelölés* vagy másképpen a *kizáró szűrés* folyamatát mutatjuk be részletebben. Kétféle elhelyezési típusra folytattuk le a kutatást: felszíni és felszín alatti típusra, az utóbbira maximum 300 m-es mélységig. A kizárások egy része mindkét elhelyezési típusra egyaránt, más részük vagy csak a felszíni, vagy csak a felszín alatti tárolókra érvényes.

veszélyes a tároló

elhelyezési típustól függetlenül az országhatár menti 30 km-es sávra, a jelentős történelmi emlékhelyekre, a katonai létesítményekre (pl. laktanyák, repülőterek), az ásványi nyersanyag-lelőhelyekre, a védett és védeni tervezett természeti értékekre (nemzeti park, tájvédelmi körzet, természetvédelmi terület, természeti érték), az országos jelentőségű kiemelt üdülővezetékre, valamint a lekötött és távlati ivóvízbázisokra; *felszíni elhelyezésnél* az ivóvízbázisok utánpótlási területeire, a folyókra, tavakra és víztározókra, a 100 m-nél kisebb mélységben

lévő karsztvízrendszerre, továbbá a hévíz-, ásványvíz- és gyógyvízforrásokra, *felszín alatti elhelyezés*nél pedig az 500 m-nél kisebb mélységben lévő karsztvízrendszerre és azokra a körzetekre, ahol a felszín alatti vízáramlások felé irányulhatnak.



26



27

Objektumkijelölés

A pont- és vonalszerű objektumok környezetében 1 km-es védősáv alkalmazásával lefolytatott negatív, kizáró szűrés eredménye az volt, hogy az ország 93 000 km²-nyi területéből felszíni elhelyezésre kb. 6000, felszín alatti elhelyezésre pedig kb. 23 000 km² kutatható tovább. Az is kiderült, hogy felszíni elhelyezésre szinte kizárólag csak löszből álló dombvidékek, felszín alattira pedig elsősorban felsőpannóniai korú üledékek vehetők számításba. A kizárási követelmények és az ország földtani felépítésének kedvezőtlen kombinációja folytán a távlatilag alkalmas képződmények nagy része

kiesett, néhányból pedig, például gránitból vagy oligocén agyagból, csak elszigetelt foltok maradtak meg.

Ezután *pozitív* vagy másképpen *objektumkijelölés* következett.

Elhelyezési típustól függetlenül a legfőbb követelmény az volt, hogy olyan kőzettestet találjunk, amely egynemű, és amelynek a vastagsága jelentős, ugyanakkor a vízvezetőképessége kicsi.

Felszíni elhelyezéshez emellett az is követelmény volt, hogy a telephely széles, lapos dombtetőre és olyan környezetbe kerüljön, ahol a lejtők nem túl meredek és nem túl szabdaltak, s ahonnan a tárolóból esetleg kiszabaduló radioaktív szennyeződés csak hosszú idő elmultával jut a bioszférába.

Felszín alatti elhelyezéshez fontos szempont volt, hogy a tároló környezetében lévő vízáadó rétegekben az áramlási sebességek kicsik legyenek. Miután ezeket mint legfontosabb kritériumokat érvényesítettük, elérkeztünk az első döntési szinthez.



28



29

26. Negatív kijelölés az ország egész területére – árvíz- és belvízjárta területek

27. Negatív kijelölés az ország egész területére – földrengésveszélyes területek, potenciálisan aktív törésvonalak

28. Felszíni elhelyezésre perspektivikus objektumok az ország területén

29. Felszín alatti elhelyezésre perspektivikus objektumok az ország területén



Első döntési szint

Elsősorban olyan körzetben számíhattunk alkalmas objektumokra, ahol a kimutatott objektumok mennyisége és sűrűsége nagynak bizonyult. A Nemzeti Projekt előírása szerint olyan körzetet kellett választanunk, amelyben mind a két elhelyezési típust kutathatjuk. A legperspektivikusabb körzet a Duna és a Balaton, valamint Székesfehérvár és Pécs között helyezkedik el. Itt egy kb. 5000 km²-es körzetbe esik az ország területén kimutatott felszíni objektumok 72%-a (32-ből 23) és a felszín alattiak 30%-a (100-ból 30). Ez a körzet a Mezőföld nagy részét, valamint az attól délre eső dombvidékeket – a Somogyi-dombság keleti csücskét, a Hegyhátot, a Völgységet és a Geresdi-dombvidék északi peremét – foglalja magában. A Nemzeti Projekt döntése nyomán 1995-ben a földtudományi kutatás itt folytatódott.



30

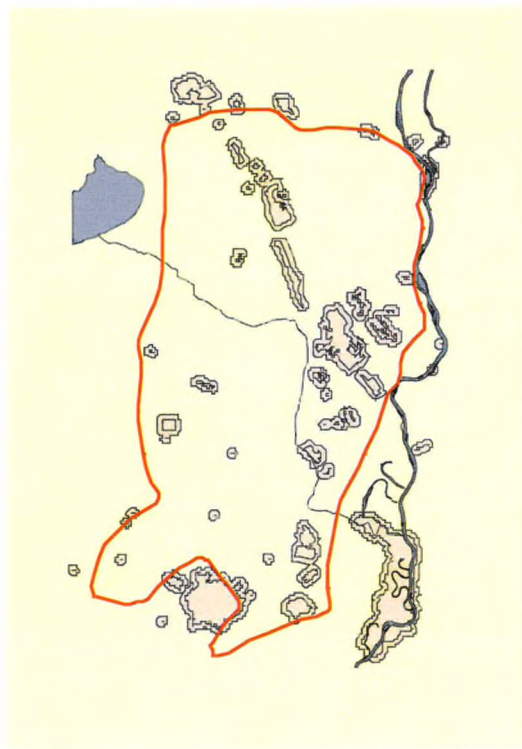


Második kutatási szakasz

A korábbi negatív kijelölést, azaz kizáró szűrést nagyrészt megismételtük a mezőföldi területen, csak nagyobb részletességgel. Az országhatár menti 30 km-es sáv kizárására nem volt szükség, mert ezt a követelményt a terület lehatárolásánál érvényesítettük. Ugyanakkor új feladatként jelent meg a települések kizárása, amelyeket 1 km-es védősávval is körülvettünk. Szintén ekkora biztonságot adtunk a robbanásveszélyes anyagokat előállító vagy tároló létesítmények, a kőolaj- és földgázvezetékek, a településeken kívüli műemlékek és pontszerű természeti értékek, az ásványi nyersanyag-lelőhelyek, a folyók, tavak és víztározók, üzemelő és csak nyilvántartásba vett hévíz-, ásványvíz- és gyógyvízforrások, valamint a 100 vagy 500 m-nél kisebb mélységben lévő karsztvízrendszerek kizárásához is. A működő és felhagyott bányák az ásványi nyersanyag-lelőhelyek körvonalán belül estek, így külön kizárásukra nem volt szükség. Felmerült, hogy külön zárjuk ki a temetőket is, azonban szűrőpróbás ellenőrzéssel kimutattuk, hogy a temetők a települések körvonalán belül vannak.



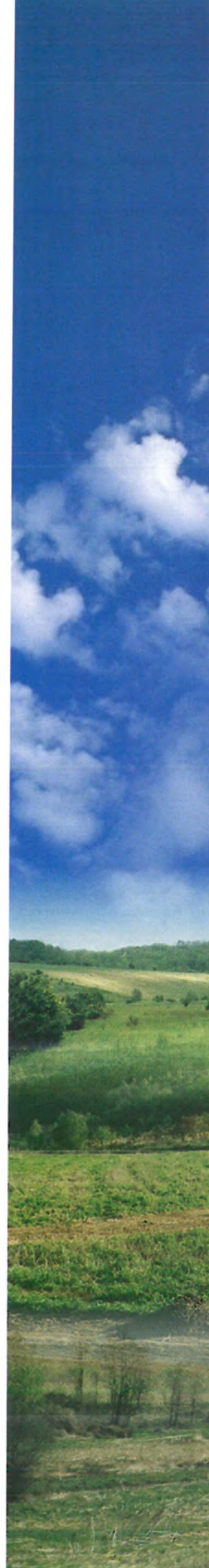
31



32

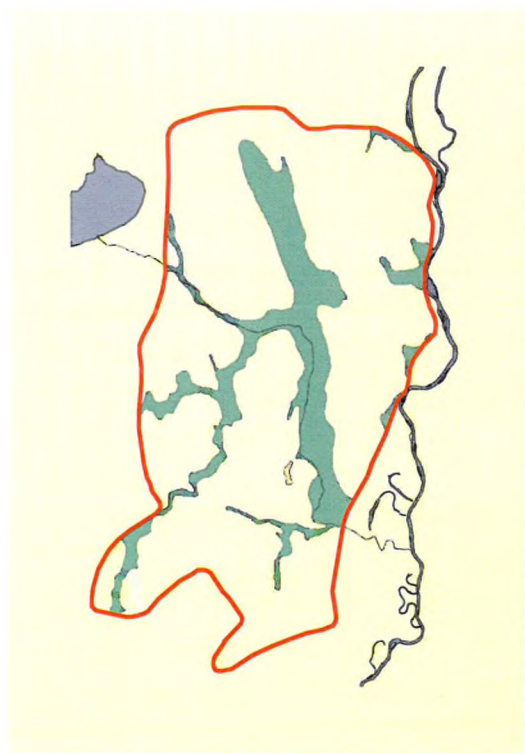
31. Negatív kijelölés a mezőföldi területre – gáz- és olajvezetékek

32. Negatív kijelölés a mezőföldi területre – védett és védelemre tervezett természeti értékek

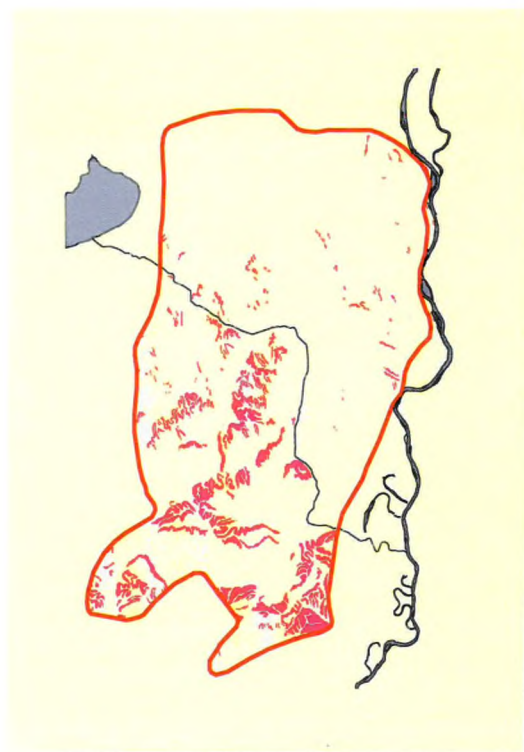




A katonai létesítményeket, az üzemelő vízműveket és a távlati ivóvízbázisokat a hozzájuk tartozó védőövvel együtt zártuk ki. A védett és védeni tervezett természeti értékeket (nemzeti park, tájvédelmi körzet, természetvédelmi terület), az országos jelentőségű kiemelt üdülőövezeteket, valamint az árvizek és belvizek, az aktív és lehetséges földcsuszamlások, a kis teherbírású kőzetek és azon körzetek területét, ahol a felszín alatti vízáramlások felfelé irányulhatnak, saját körvonalukban zártuk ki. A kizárások az 1:100 000-es méretarány követelményeinek megfelelően a korábbinál jóval nagyobb pontossággal és részletességgel történtek. A kizáró kritériumok köre olyan széles volt, hogy a jogszabályok értelmében vett borhelyek és borvidékek is a védendő területek közé kerültek. A földrengési fészeköveket és a fiatal törés menti mozgásokat ugyanazokkal a körvonalakkal zártuk ki, mint korábban, mivel nagyobb pontosságra nem láttunk lehetőséget. Tőzeg csak a folyóvölgyek és a kis teherbírású képződmények amúgy is kizárt területén, anhidrit pedig egyáltalán nem fordul elő, ezért külön kizárásra nem volt szükség.



33



34

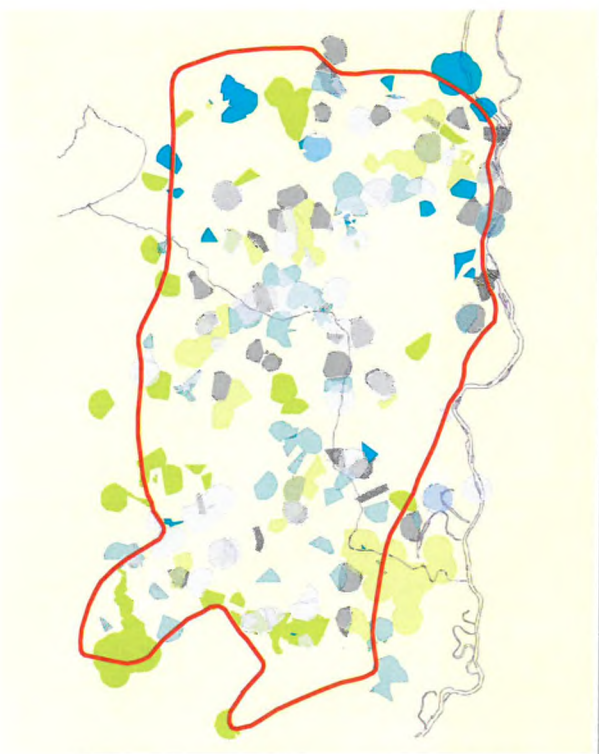
33. Negatív kijelölés a mezőföldi területre – felfelé irányuló vízáramlások
34. Negatív kijelölés a mezőföldi területre – meredek és felszabdalt lejtők

Objektumkijelölés

A pozitív vagy másképpen objektumkijelölést teljes egészében a területre vonatkozó, a korábbinál jóval részletesebb ismeretanyagra támaszkodva folytattuk le. Nagyszámú, előzetesen alkalmas objektumot találtunk, 128-at felszíni és 193-at felszín alatti elhelyezésre, az utóbbiak között egy gránitos volt (a mórágyi), a többi üledékes (felsőpanóniai korú). A rendelkezésre álló adatok alapján az üledékes objektumokat elhelyezési típusonként jegyzékbe szedtük és rangsor szerint csoportosítottuk.



35



36

35. Felszíni elhelyezésre perspektívus objektumok a mezőföldi területen, a melegebb színek felé javul a minőség


36. Felszín alatti elhelyezésre perspektívus objektumok a mezőföldi területen, a zóldtól a kék felé nő a települési mélység



Második döntési szint

A földtudományi kutatással közel egyidőben az ETV–Erőterv Rt. a Paksi Atomerőmű Rt. megbízásából gazdasági becslést készített a mezőföldi terület főbb objektumtípusaira, amelyből az derült ki, hogy a felszíni, valamint a felszín alatti üledékes és gránitos környezet között – a jelentős műszaki eltérések ellenére – nem várható jelentős különbség a költségekben, vagyis e téren nincs támpont a típusok közötti választáshoz. Ugyanakkor a Burson–Marsteller (Budapest) kft. által ugyancsak a Paksi Atomerőmű Rt. megbízásából lefolytatott lakossági véleménykérés zömmel elutasító eredményt hozott, s ennek nyomán a földtudományi kutatás során körvonalazott objektumoknak alig 10%-a, 12 felszíni és 18 felszín alatti objektum (köztük a gránitos) bizonyult továbbkutat-hatónak.

Az ezekre vonatkozó adatok elemzése nyomán kitűnt, hogy a továbbkutatást elsősorban a Diósberény, Udvari és Németkér környéki felszíni lösz-, valamint a Bátaapáti–Mórággy környéki felszín alatti gránit-kőzetekre célszerű koncentrálni. A Nemzeti Projekt döntése nyomán a földtudományi kutatás ezeken a vidékeken folytatódott még ugyanazon 1995. évben.

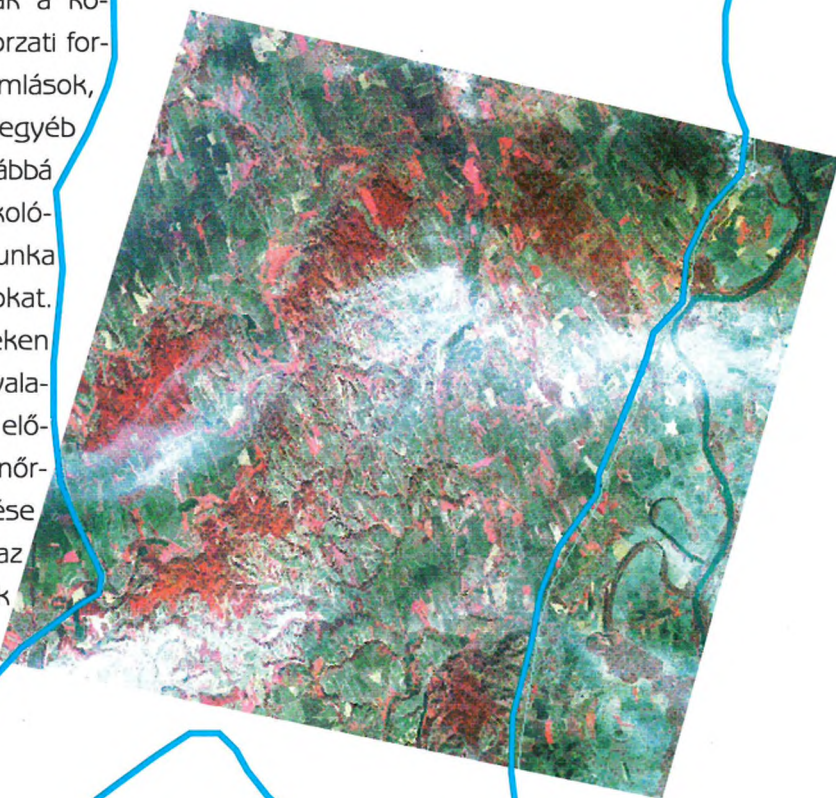


Harmadik kutatási szakasz

Az így kijelölt négy területen terepi munkálatokat indítottunk, hogy előkészítsük a fúrások telepítését. Ennek során a fő hangsúlyt arra helyeztük, hogy ellenőrizzük a földtani és vízföldtani követelmények (a kőzetek homogenitása és vízzáró-képessége, felfelé irányuló vízáramlások hiánya, a szennyeződések nagy felszínre jutási ideje, a környezetben kis áramlási sebességek) teljesülését. Ehhez az ellenőrzéshez az eddig csak szakirodalomból ismert területekről és kőzetekről közvetlen, konkrét terepi megfigyelésekre volt szükség.

Emellett felszíni objektumok esetében megvizsgáltuk, hogyan alakulnak a korábban is vizsgált (pozitív domborzati formák, aktív és lehetséges csuszamlások, lejtőszög és felszabdaltság) és egyéb geomorfológiai körülmények, továbbá a helyszínen tájékozódunk az ökológiai viszonyokról. Valamennyi munka figyelembe vette a korábbi adatokat. Az első megközelítés űrfelvételeken és légifényképeken történt. Ez valamennyi vizsgálathoz áttekinthető, előzetes képet adott, amelynek ellenőrzése, pontosítása és értelmezése volt egyebek között az 1:25 000-es terepi kutatás egyik feladata. A földtani terepbejárás az igen kisfokú feltártság és mesterséges feltárási lehetőségek hiánya miatt nem eredményezhetett a léptéknek megfelelő részletességű térképet, ezért csak reambulációnak nevezhető. Ilyen szempontból megfelelő felbontást adott a hidrológiai, vízföldtani, geomorfológiai és ökológiai kutatás.

Viszont az a lehetőség hiányzott, hogy hosszabb időtartam alatt a változásokat is rögzítsük, így ezek csak pillanatfelvételt adhattak a vízhálózatról, a felszín alatti vizek áramlásáról, a domborzatalakulási folyamatokról és az élővilágról. A felszín alatti térrészt illetően egyedül a régebbi fúrások szolgáltatta információra lehetett támaszkodni.



A *geomorfológiai vizsgálat* részben szintvonalas térképek elemzésével (pl. lejtőszög-kategória és felszabdaltsági térképek szerkesztése), részben terepbejárásokkal történt. Integrált geomorfológiai térképek készültek minden területre, amelyek a domborzati elemeket részletesen ábrázolják. Ezek nem csak a korábbi vizsgálatoknál alkalmazott néhány követelmény teljesülését illusztrálják, hanem lehetőséget adnak ahhoz, hogy a felszíni telephelyeket mélyebb értékelés nyomán jelöljük ki.

Az *ökológiai vizsgálat* űrfelvételek és légi-fényképek kiértékelésére támaszkodó terepbejárásokkal történt. Célja az ökológiai, természetvédelmi szempontból értékes területek kiszűrése volt azzal, hogy telephelyek a fennmaradó területeken jelölhetőek ki. A feladat az életközösségek felmérése, valamint az ökológiailag legérzékenyebb vagy legértékesebb területrészek lehatárolása volt. Kijelölt vonalak mentén meghatároztuk a jellemző növényfajokat és társulásokat, s ahol lehetett, megállapítottuk az őszi, természeteshez közeli állapotú vegetáció valószínű képét.

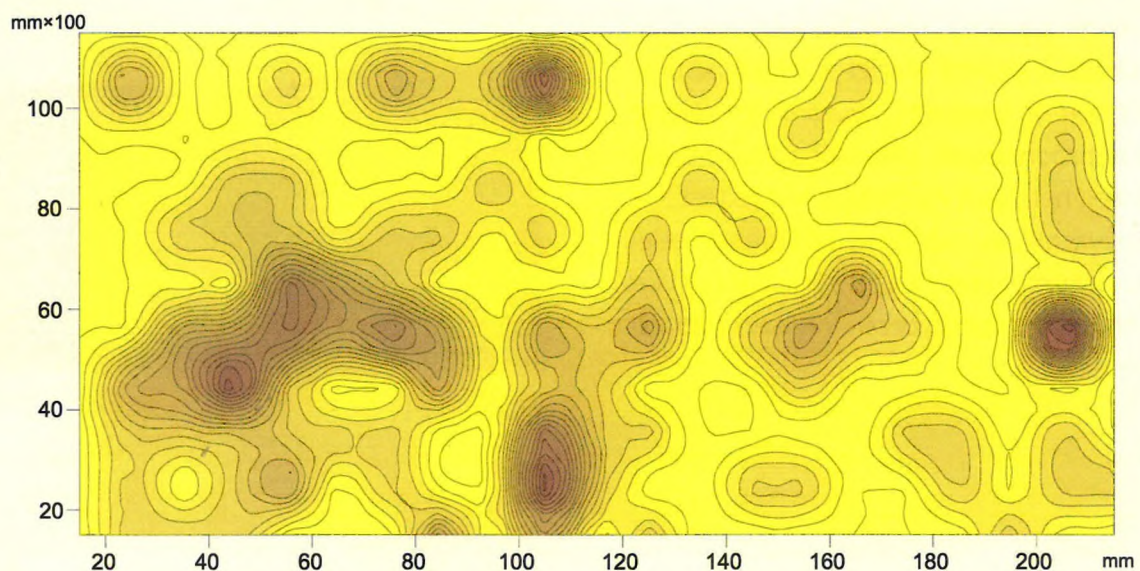
A *földtani terepbejárás* során felkerestünk minden feltárást, s azokról részletes leírást adtunk. Pontosítottuk a vízvezető, vízzáró és féligáteresztő képződmények, valamint a háromfázisú zóna térbeli helyzetét és földtani minőségét. A gránitkibúvásokban mértük a kőzetrések települését, helyzetét méretét és sűrűségét, mivel ezek a tényezők szabályozzák a felszín alatti vizek áramlását.





Két iránycsoportot alakítottunk ki („É–D”-i és „ÉK–DNy”-i), amelyekben élesen elkülönül a mért törések eloszlása. A kapott adatokból irodalmi tapasztalatok nyomán elég nagy (10^{-6} m/s körüli) előzetes értékeket kaptunk a gránit vízvezető-képességére.

A földtani terepbejárás és a korábbi fúrások adatai alapján földtani térképet szerkesztettünk az egyes területekre. Bátaapáti–Mórágý körzetében a gránittestet változó, gyakran több tucat méternyi laza üledékösszlet fedi, s ez alól a gránitkőzetek csak a völgytalpakon bukkannak elő. A továbbkutatás tervezése szempontjából fontos ismerni a gránittest fedővonalát, ezért elkészítettük ennek szintvonalas térképét.



37. Terepi tektonikai észlelések:
töréstávolság (mm)–törésszélesség (mm×100)
eloszlás az „É–D”-i iránycsoportban



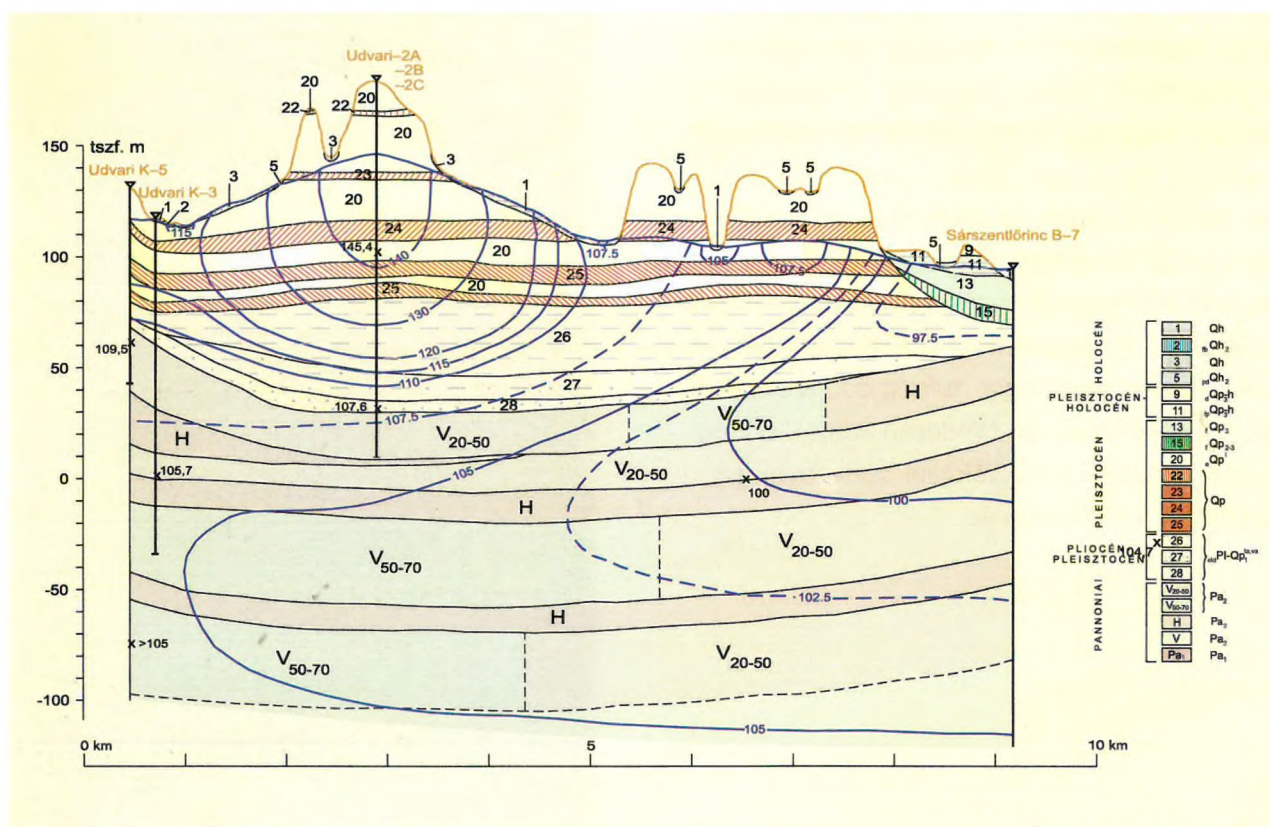
A vízföldtani terepbejárás során felkutattunk minden víznyerési és vízfakadási pontot. A felszín alatti vízáramlási mező legkevésbé ismert része az erózióbázis és a dombtető közötti tér. A beszivárgó vizek egy itt esetleg előforduló jobb vízvezető, pl. homokos képződmény mentén rövid úton felszínre kerülhetnek. Egy ilyen homokréteg azonban várhatóan koncentrált vízkilépés, például forrás formájában jelentkezik, ezért vizsgálataink során fokozott figyelmet fordítottunk keresésükre. Abból kiindulva, hogy a mélyebb rétegekbe szivárgó víz kémiai összetétele folyamatosan változik, s így támpontot adhat az áramlási irányok meghatározásához, mintáztunk és helyszíni vízminőség-vizsgálatot végeztünk, ahol lehetett. Elemzésünket a következő megfontolásra építettük. A dombtetőkön beszivárgó víz egy része a mélybe, regionális áramlási rendszerekbe kerül, a domboldalakon beszivárgó viszont rövidebb áramlási pályákon, a völgyekben lép felszínre.

Geofizikai méréseket többféle módszerrel végeztünk. Kb. 100–150 méter behatolási mélységű egyenáramú és tranziens szondázással a lyukpontokon keresztirányban átfektetett és néhány kilométer hosszú ellenállásszelvényeket mértünk. Mérnökgeofizikai szondázással részletes képet kaptunk az üledékösszlet felső néhány tucat méterének fizikai paramétereiről és a talajvízszint helyzetéről, több helyütt vízmintákat is vettünk. A talajvíztükröt a fúrásoktól néhány száz méter távolsáig refrakciós szeizmikus mérésekkel követtük. Mindezen adatok elősegítették a földtani és vízföldtani szelvények szerkesztését a fúrásokon át.





A dombháton a talajvízbe bejutó szennyeződés így sokkal tovább tartózkodik a mélyben, nagyobb utat tesz meg, míg ismét a bioszférába kerül. Radioaktív hulladékok elhelyezésére tehát a talajvízdombok tetővidékei a legkedvezőbbek. Az elemzéshez irodalmi adatok és saját eredményeink alapján szintvonalas térképet szerkesztettünk a talajvíztükrökre, valamint a tengerszint feletti 50 és tengerszint alatti 75 m-ben található rétegvizek nyomásviszonyaira. A hidrológiai reambuláció során kapott vízhozam-mérési, valamint a térségre jellemző csapadék- és párolgási adatokból meghatároztuk a vizsgált terület vízforgalmát, s azt térképen ábrázoltuk. Elkészítettük a területek vízgeokémiai min-tázási térképét is.





A földtani terepbejárás nyomán elkészült földtani térkép alapján, a korábbi fúrások adataira támaszkodva földtani szelvényeket készítettünk, hogy ezzel ellenőrizzük és illusztráljuk ismereteinket a területek felszín alatti részének felépítéséről.

A földtani szelvényekre felvittük az egyes kőzetösszletek főbb vízföldtani jellemzőit, valamint a nyomás-izovonalakat, és elkülönítettük a beszivárgási és megcsapolási területeket. A vízföldtani szelvény – az egyes összletek vízáteresztő-képességi adataival, továbbá a beszivárgásra vonatkozó információval együtt – számítógépes áramlási modellezés alapjául szolgált.

Első lépésként a számszerű adatokat játszottuk be olyan értékekre, amelyekkel modellezés egyáltalán lehetséges, majd szimuláltuk az áramlási teret, vagyis a felszín a-

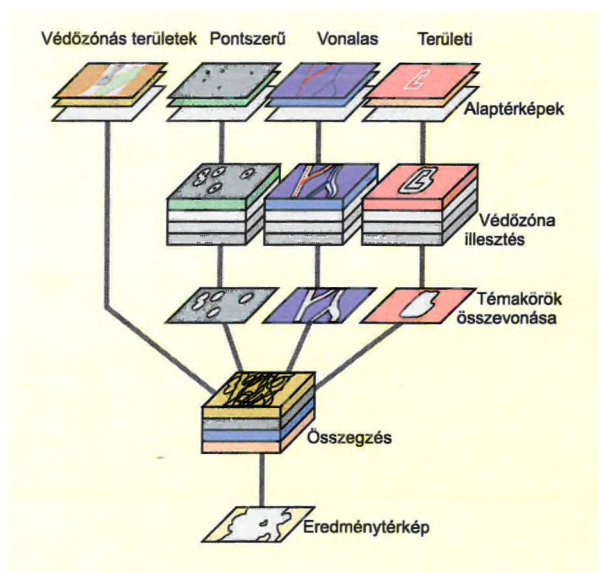
latti vizek áramlási pályáit és az ezek menti vándorlási időt. A modellezés során elsősorban olyan elhanyagolásokkal éltünk, amelyek a biztonság növelését szolgálták: a vándorlási idő a számítással kapott értékekhez képest nyilvánvalóan megnőne, ha például a radioaktív elemek adszorpcióját, mozgását vagy a talajvíztükör feletti zónát figyelembe vennénk. Szintén ebbe az irányba hatna, ha a modellünkben mesterségesen felvett át nem eresztő határokat (pl. gránitnál az oldalsó és alsó szelvényzáródást) természetesekkel helyettesítenénk, hiszen ebben az esetben a vándorlási idő jóval hosszabb lenne. A gránittestről kiderült, hogy vízáteresztő-képessége legalább két nagyságrenddel kisebb, mint amit a felszíni kőzetrésvizsgálataból kaptunk, vagyis a felszín közeli repedezettség elsősorban exogén hatásokat tükröz, és nem terjeszthető lefelé. A vándorlási idő a gránittestben sok ezer évnek adódott, vagyis az ennél nagyságrendekkel rövidebb idő alatt elbomló radioaktív elemek terjedését földtani gát akadályozza.



A projekt nagy mennyiségű adat feldolgozását igényelte. Az ilyen méretű és típusú munkában az informatikai támogatás természetes és alapvető. A földtudományi adatok helytől függenek, így térbeli összefüggéseiket térképi megfogalmazásban írjuk le. Ezek az adatbázisok a térinformatikai alkalmazások klasszikus területei, melyekből a több tematikát felölelő hulladék-elhelyezési problémakör külön is kiemelkedik.

Az adatbázisépítés szempontjából két csoportra osztottuk az adatokat: irodalmi adatokra, melyeket az országos és mezőföldi negatív kijelölés, valamint az objektumkijelölések során használtunk fel, és a terepi kutatási szakaszban gyűjtött friss adatokra. A két eltérő forrásból származó adatok különböző előkészítést igényeltek, de azonos felhasználási környezetbe kerültek.

Az adatsort a térinformatikai piac egyik vezető amerikai cégének, az Intergraphnak az MGE-MGA (Moduláris Térinformatikai Környezet-Elemzés) programcsaládja segítségével illesztettük az adatbázisba, következésképpen az adatbázisnak mind grafikus, mind pedig táblázatos része az MGE-szabványt követi.



39





Harmadik döntési szint

A Nemzeti Projekt koncepciója szerint egy felszíni és egy felszín alatti elhelyezésre előzetesen alkalmasnak látszó telephelyre kellett mélyfúrást telepítenünk. A terepi bejárással előkészített három felszíni objektum közül a németkéri kiesett, mert a lakosság visszavonta korábbi beleegyezését, tehát fúrásról csak Diósberény és Udvari körzetében lehetett szó.

A jogszabályok értelmében hulladéklerakó lakott településtől csak legalább 1 km-es távolságban létesíthető, s körülötte 500 m távolságban táblákkal jelzett védőövezetet kell kialakítani. A Nemzeti Projekt olyan döntést hozott, hogy ezt a védőövezetet is a beleegyező község közigazgatási határán belül kell tartani. Ebből következően felszíni telephelyek szempontjából ki kellett zárunk egyrészt a településhatártól kifelé számított 1 km-es, másrészt a közigazgatási határtól befelé felmért 0,5 km-es övet. A megmaradó foltokon belül olyan területeket kellett keresnünk, amelyek a földtani, vízföldtani, geomorfológiai és ökológiai körülmények együttes mérlegelése alapján látszanak alkalmasnak. Ilyen területet Diósberénytől északnyugatra és Udvaritól északkeletre találtunk, ezekre telepítettünk egy-egy fúrást 1996-ban.

A gránitos felszín alatti objektum megítélése a terepi előkészítő munkálatok nyomán lényegesen javult. Legmegfelelőbbnek a felszíni vízvázlatzó alatt körvonalazódó talajvízdomb látszott, fúrást ennek azon részére telepítettünk szintén 1996-ban, amelyre volt lakossági beleegyezés (Bátaapáti).



40 A továbbkutatásra kijelölt négy terület és a fúrások



Negyedik kutatási szakasz

Kutatásaink három fúrás köré csoportosultak. Az ezekhez kapcsolódó vizsgálatok számos szakmai részlettel szolgáltak, bemutatásukhoz és eredményeik értékeléséhez is bizonyos földtani ismeretanyag szükséges. Felszíni elhelyezésnél két 150 méteres, felszín alattinál pedig egy 500 méter mélységű fúróllyukat terveztünk. A fúrási munkálatokat nemzetközi szabványoknak megfelelő minőség-biztosítás és huszonnégy órás műszaki ellenőrzés mellett végeztük. Annak érdekében, hogy a rétegvizek mintázása során meg tudjuk ítélni a fúrás során bekerült öblítővíz hányadát, az utóbiba nyomjelzőt kevertünk, amelynek koncentrációját rendszeres vizsgálattal ellenőriztük.

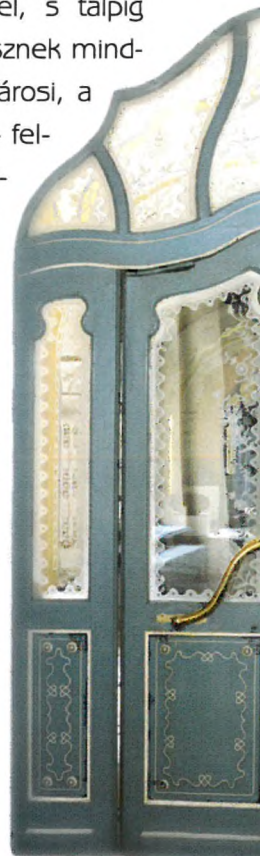
Felszíni elhelyezés

A vizsgálandó telephelyekhez a korábbi fúrások közül a legközelebbiek is több kilométerre estek, s azok nem dombtetőn, hanem völgyekben voltak, vagyis alapvető problémát jelentett, hogyan terjesszük oldalirányban fúrási adatainkat a modellezési szelvények megszerkesztéséhez. Ehhez a terjesztéshez támpontot a tervezett fúróllyukak környezetében végzett geofizikai mérésektől vártunk. Hidrodinamikai vizsgálatot a Nemzeti Projekt döntése értelmében csak az egyik fúráson terveztünk, azon, amelyik a rétegsora alapján kedvezőbbnek mutatkozik majd.

Údvari

Az Udvari-2A fúrást a községtől 1,1 kilométerrel kelet-északkeletre, dombhátra telepítettük. 97 méter lösz és 53 méter vörös-tarka, uralkodóan agyagos rétegek alatt a felsőpannóniai üledékeket 150 méterben értük el, s talpig (170,4 m) azokban haladtunk. A lösznek mindhárom hazai egységét – a dunaújvárosi, a mende-basaharci és a paksi lösz – felismertük. Márton Péter (ELTE Geofizikai Tanszék) paleomágneses adatai alapján a kb. 700 000 éves időszintnek megfelelő Brunhes–Matuyama határ itt is a legalsó, paksi lösz felső részében (71–72 m körül) van. A vörös-tarka szárazföldi összlet a Tengelici Formációval (pliocén–alsó pleisztocén) párhuzamosítható.

A Diósberény-1A fúrásához viszonyítva az Udvari-2A rétegsora kedvezőbbnek látszott: nem volt benne a felszínhez viszonylag közeli homokréteg, ugyanakkor a lösz szelvénye csaknem 100 méterig meglehetősen homogénnek tűnt. Ezért olyan döntés született, hogy *hidrodinamikai vizsgálatokat* itt végezzünk. Tríciumvizsgálathoz egy 33,6 méteres száraz (Udvari-2B), két szint hidrodinamikai vizsgálatához pedig egy teljes szelvényű (Udvari-2C) fúrást mélyítettünk le az eredetivel együtt egy 10 méter sugarú körön belül.

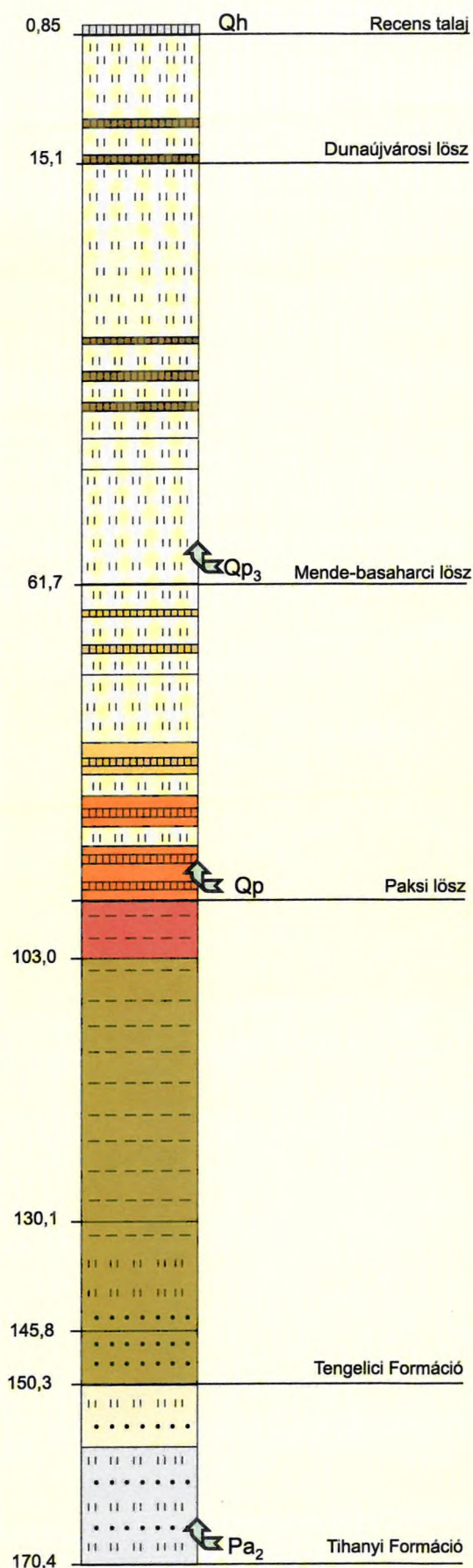


A vízadó- és vízáteresztő-képességet a lösz és a vörös-tarka rétegek alsó részén, egy-egy szintben (71,5–81,5 és 144,5–151,9 m-ben), négy-négy napos dugattyúzással vizsgáltuk, a vizsgálat során vízmintát vettünk, amikor a nyomjelző-koncentráció, vagyis az öblítőiszap hányada a mintázott vízben az eredeti érték 1 százaléka alá esett.

A földtani szelvény szerkesztése során kiderült, hogy az az elképzelés, hogy a Tengelici Formáció térbeli kiterjedését törésvonalak határolják, s ezeket követik a felszíni domborzat markáns lépcsői, nem állja meg a helyét a gyakorlatban. A pannóniai üledékösszletet harántoló mélyfúrások karotázsgörbéin széles környezetben felismerhető, jellegzetes elemek párhuzamosítása nem teszi lehetővé, hogy közéjük töréseket szerkesszünk.

Az áramlási modellben igen erősnek bizonyult egy a lösz alsó részén települő ősi talajszint hatása: a létesítményből indított áramvonalak egy részét ez a szint eltereli, és a felszínre lépési időket 440 év alá szorítja, míg a többit csak megtöri; ezek mentén az felszínre lépési idő sok ezer év. A hosszú áramlási pályák azonban a fúrástól kb. 200 méter távolságban szelik át azt a 75 méter körüli mélységben lévő szintet, amelyben a víznek mind

radiokarbon-kora, mind éghajlati izotóp-összetétele 20 000 év körüli beszivárgást mutat, s ez a konkrét áramlási pályák létezése ellen szól, bár nem zárja ki azokat távolabbi körzetben. A 145 méter mélységből vett vízminta radiokarbon-kora 8800 év, izotóp-összetétele viszont hideg, bár az előzőnél némileg melegebb éghajlatnak, azaz minimum 12 000 éves kornak felel meg.



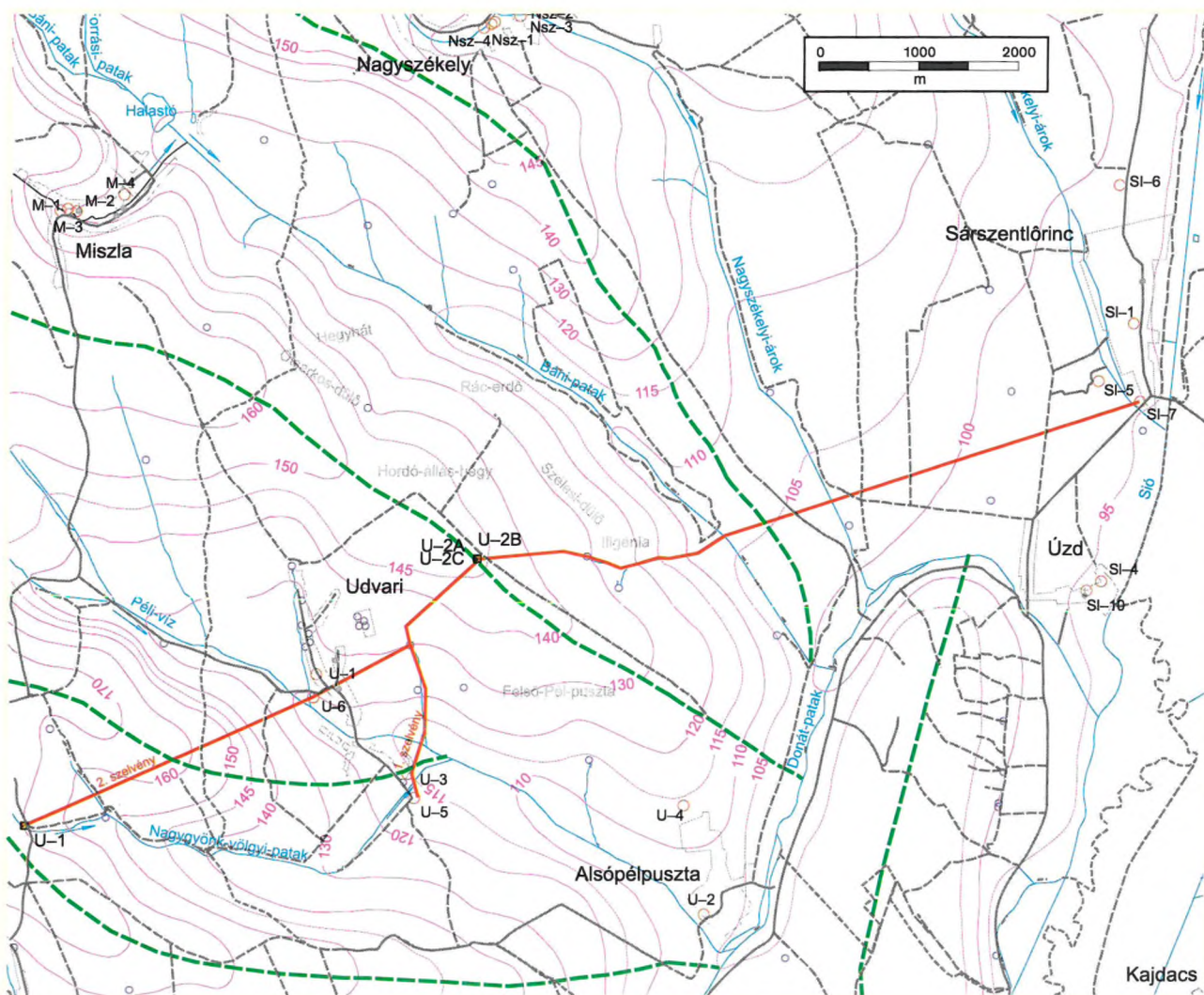
41

Úgy tűnik tehát, hogy a mélyebb szintekben a vízáramlás szabadabb, s a magasabb szintekben egy az áramkörből kizárt ősi vízlencse van, amelynek helyzete és mérete határozza meg a földtani gát paramétereit: a szennyvezetés terjedését megakadályozó több ezer éves felszínre lépési idők csak a vízlencsén túl létezhetnek. Ez a megfontolás a geokémiai adatok értelmezésével születt, s ilyen mivoltában éppúgy ellenőrzésre szorul, mint az áramlási pályák és felszínre lépési idők.



Az Udvari mellett lehetséges telephely esetében tehát a hidrodinamikai és a vízkémiai adatok értelmezése nincs összhangban, ami lényegében az adatok kis mennyiségéből ered. A hidraulikai modellezés tanúsága szerint a

fúrás közvetlen környezetében is számíthatunk alkalmas telephelyre, a vízkémiai adatok értelmezése szerint azonban erre legfeljebb a fúrástól jelentős távolságban nyílhat esély, mivel a feltételezett idős vízlencse nemigen lehet sok száz méternél kisebb.



42



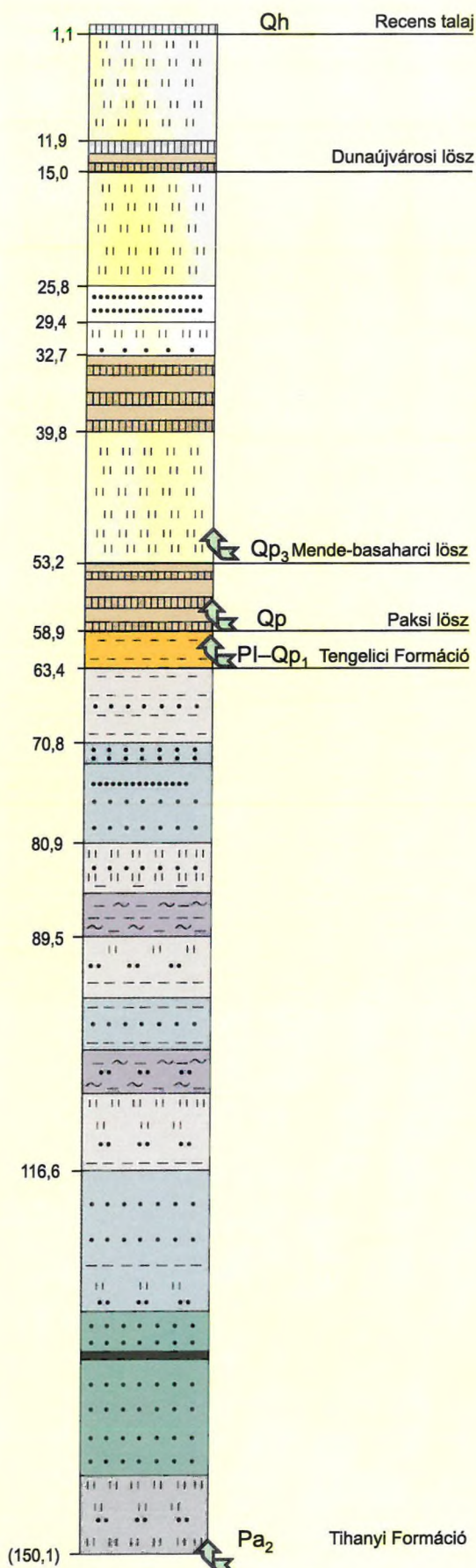
Diósbányán

A Diósbányán-1A fúrást a községtől 1,2 kilométerrel északnyugatra, dombhátra telepítettük. 59 méter lösz és 4 méter vörös-tarka agyag alatt a felsőpannóniai üledékeket 63 méterben értük el, s talpig (150,1 m) azokban haladtunk. A lösznek mindhárom hazai egységét – a dunaújvárosi, a mende-basaharci és a paksi lösz – felismertük. A Tengelici Formációba (pliocén–al-sópleisztocén) sorolható vörös-tarka szárazföldi agyag itt mindössze 4 méter vastagságú.

Vízföldtani szempontból kedvezőtlennek látszott, hogy 73,6–80,9 méterben homokréteg van, ezért *hidrodinamikai vizsgálatot* nem itt, hanem Udvarinál végeztünk.

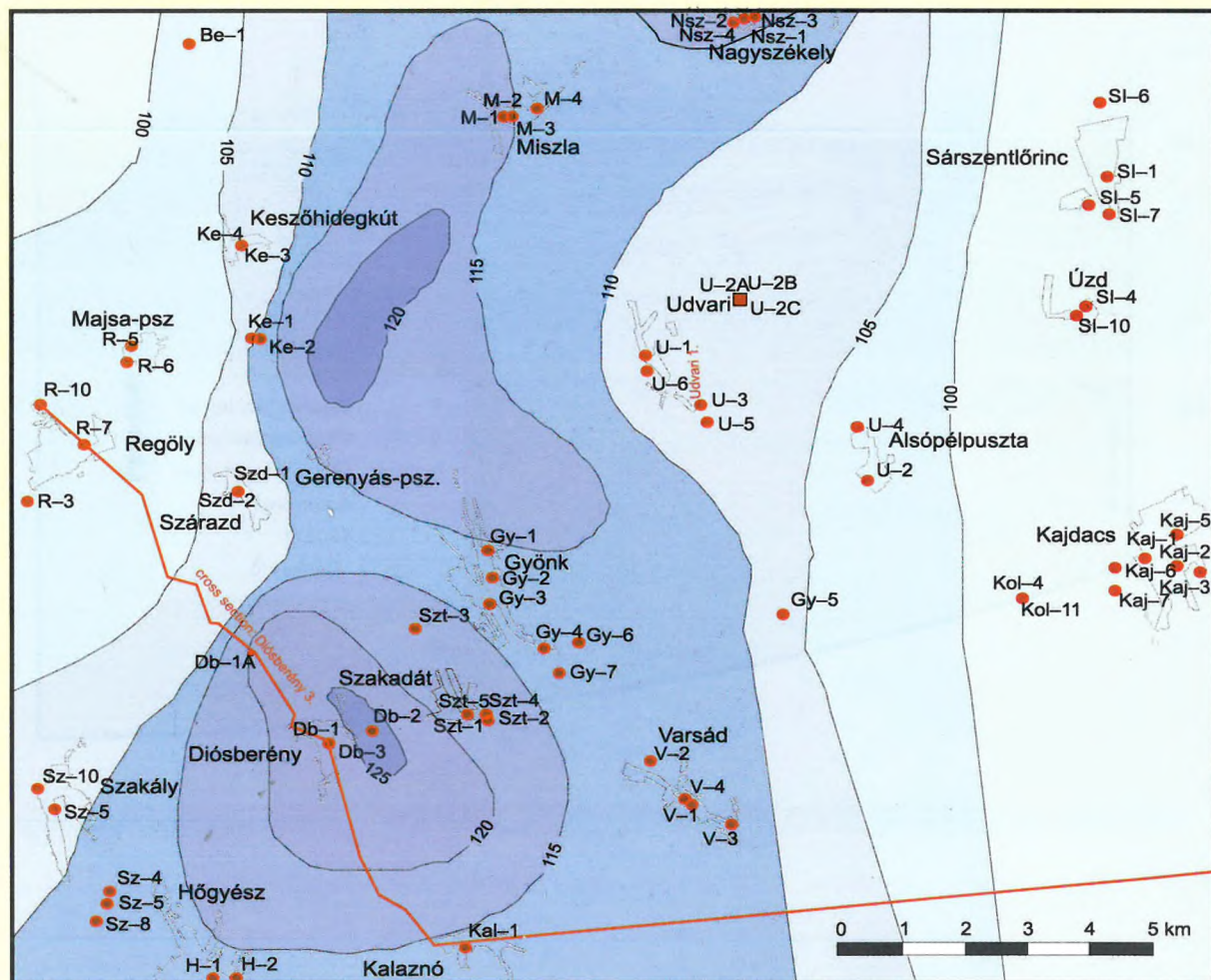
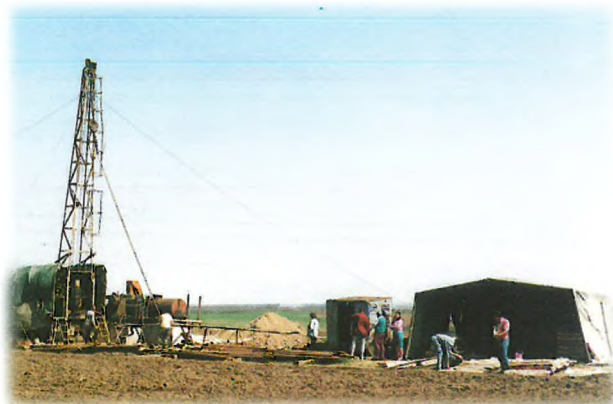
A földtani szelvény szerkesztése során kiderült, hogy az az elképzelés, hogy a felszíni domborzat markáns lépcsői törésvonalakat követnek, itt sem ültethető át a gyakorlatba. A pannóniai korú üledékösszetétel harántoló mélyfúrások karotázsgörbéin széles környezetben felismerhető, jellegzetes elemek kétféle módon párhuzamosíthatók. Az egyik változat nem teszi lehetővé, hogy töréseket szerkesszünk, a másik keretében törés ugyan szerkeszthető, de az elvetés olyan kicsi, hogy a törés egészen enyhe hajlattal is helyettesíthető, s a domborzati lépcső magassága ennek többszöröse, helyzete pedig rosszul illeszkedik a töréséhez.

A *hidrodinamikai modell* első változatában szimmetrikus áramlási képet kaptunk több ezer éves felszínre lépési idővel. Kísérleti futtatások sorozatával kimutattuk, hogy az áramlási kép rendkívül érzékeny a fúrásban észlelt rétegek oldalirányú terjesztésének mértékére, s a lösz alatti vörösagyag réteg kiékelésével ugyanolyan

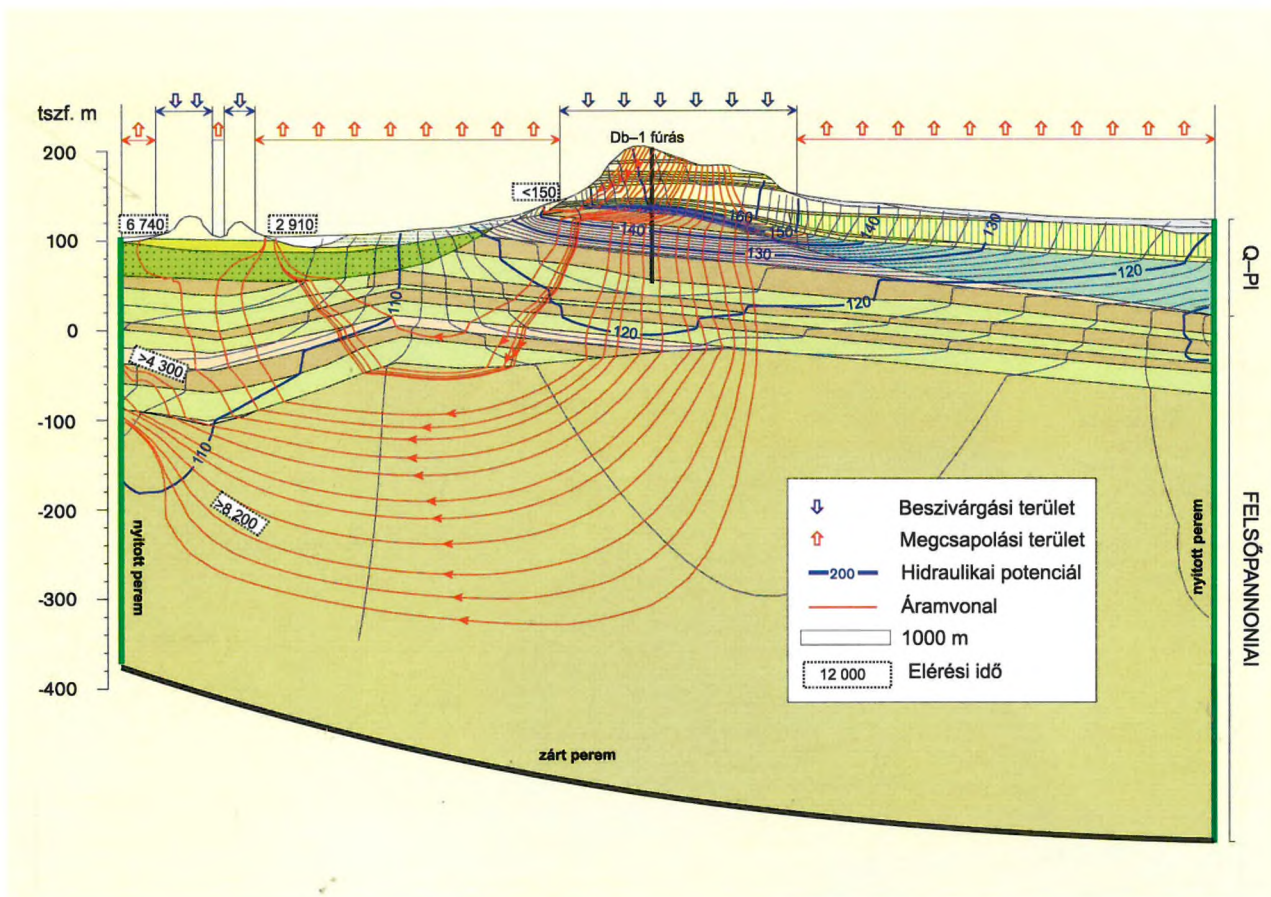




aszimmetrikussá válik, mint Udvarinál, s a rövidre zárt áramvonalak mentén a felszínre lépési idő 150 év alá csökken. A hidrodinamikai modellezés tanúsága szerint a fúrás közvetlen környezetében is számíthatunk alkalmas telephelyre, mivel azonban mélységi vízgeokémiai adatunk nincs, ez a következtetés semmivel sem biztosabb, mint Udvari esetében.



45. Diószentpál környékének potenciáltérképe

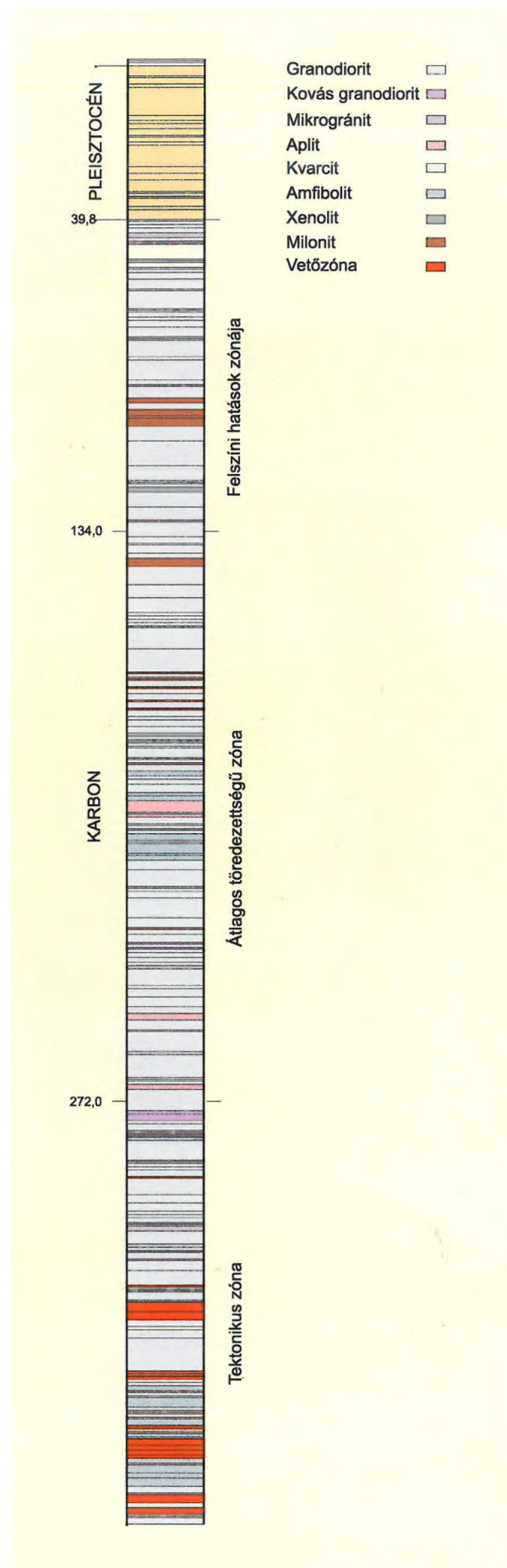


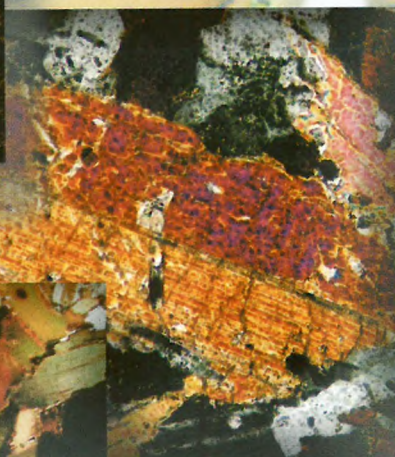
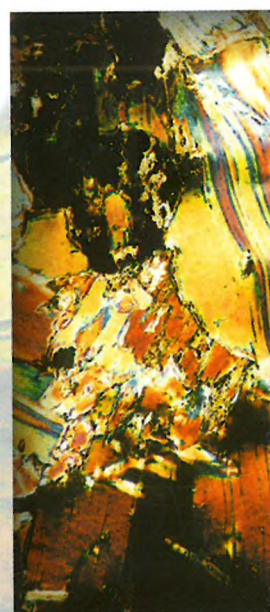
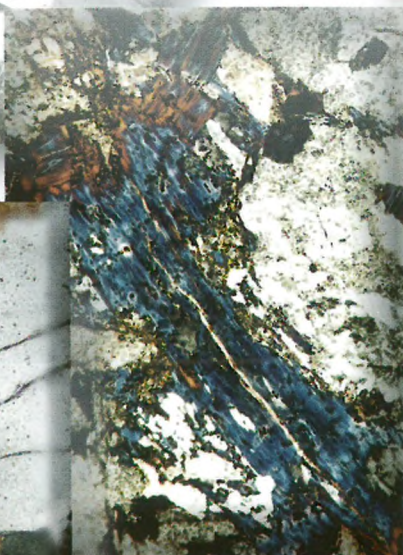
46

Felszín alatti elhelyezés, Üveghuta

Az Üveghuta-1 fúrást a Bátaapáti községtől néhány kilométerrel délre lévő terepi és talajvízhát-ságra telepítettük, ahol a leghosszabb felszínre lépési időket várhattuk. 40 méter laza üledék (talaj, lösz, agyag) után 18 méter fellazult, szét-eső, majd lejjebb üde granodioritba jutottunk, amelyben 295 métertől talpig (364,5 m) változóan, részben igen erősen töredezett tektonikus övben haladtunk. Ebben állítottuk le a fúrást, mivel úgy látszott, hogy az szinte az öv mentén halad, s nem várható, hogy egyhamar kijut a mellékkőzetbe. A tektonikus övben a kőzetek erőteljes szericites-kloritos hidrotermális bon-tást szenvedtek, ennek következtében morzsa-lékosak, sőt nemritkán agyagszerűek voltak. Vékonycsiszolatok vizsgálata nyomán kiderült, hogy a kőzet alapanyaga granodiorit, benne vál-tozó mennyiségben metasztatikus eredetű porfiroblasztos mikroklin van, s így a kőzet neve kvarcmonzonit vagy monzogranit. Kora alsókar-bon. Lencsékben reszttel jellegű kőzet van jelen, amely eredetileg diorit lehetett, s amelyet a későbbi kálimetaszomatózis monzodiorittá, kvarcmonzodiorittá, monzonittá illetve kvarc-monzonittá alakított. Mindkét kőzettípust mikro-gránit-, aplit- és pegmatittelérek törik át. Vala-mennyi kőzetre erőteljes milonitosodás, továb-bá törések, hasadékok jelenléte jellemző, ben-nük kvarc- és karbonáterekkel. A fúrástengely menti eloszlásuk alapján a kvarcerek a milonito-sodással, a karbonáterek a hidrotermális bon-tással hozhatók kapcsolatba.

A fúrómagon 1829 kőzetrést, közülük 87-en elmozdulási nyomokat mértünk. Három sza-kaszt jelöltünk ki, amelyeken belül mind a töre-dezettség, mind a törési síkok települése, mind az elmozdulási nyomok iránya eltérő.



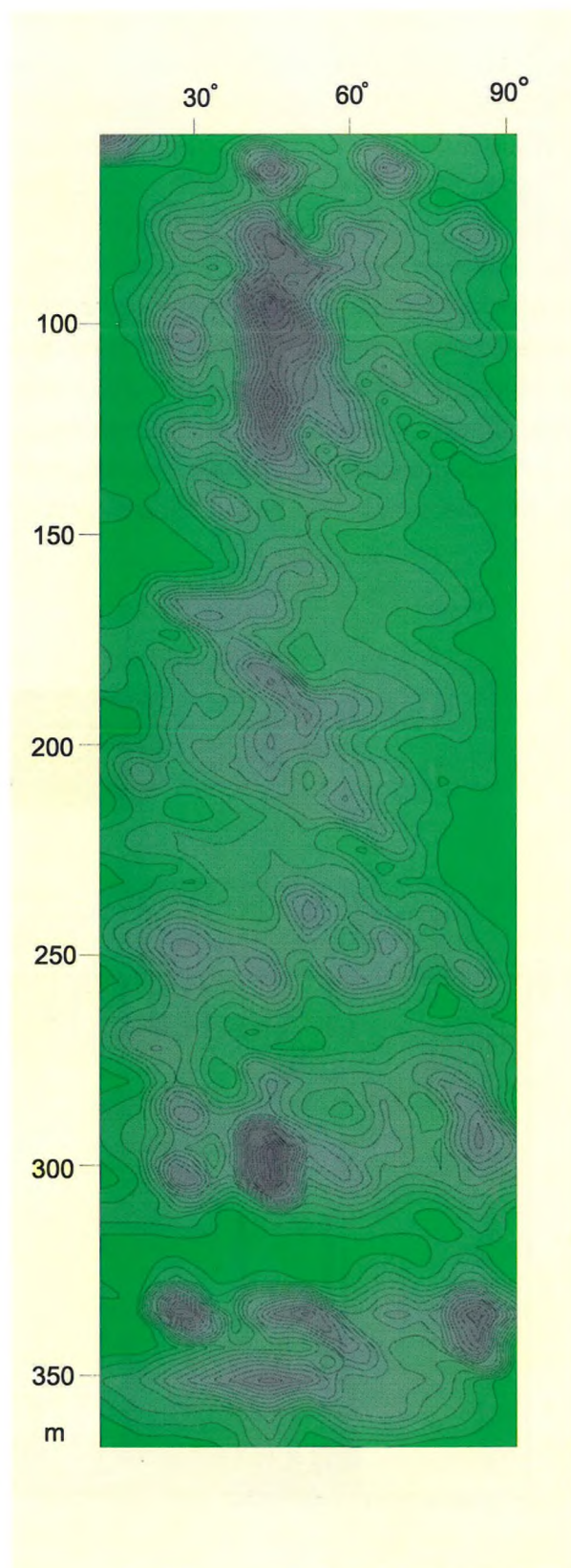


Az alapkőzetre a középső szakaszt (134–272 m) tartjuk mérvadónak. Ebben a töredezettség 15%, a kőzetrések dőlésszöge jellegzetes módon változik: egy-egy ciklusban (kb. 50 m) folyamatosan nő, majd a következő ciklus elején hirtelen lecsökken. Ez a jelenség valószínűleg nem tektonikus eredetű, s talán a magmatest lehűlésére vezethető vissza. Elmozdulási nyom viszonylag kevés van, s azok vetődéseknek felelnek meg. A felső szakaszban a töredezettség 23%, ez felszín közeli hatásokra vezethető vissza,



és a szeizmikus sebességek csökkenésében is érzékelhető. Elmozdulási nyomot nem észleltünk. Az alsó szakaszban a töredezettség 55%, nyilvánvalóan tektonikus hatásra. Az elmozdulási nyomok között az eltolódásos jellegűek vannak túlsúlyban, s ez a tektonikus mozgásoknak legalább

egy részére kivetíthető. A töréses öv 30 méterrel a szakaszhatár alatt (311 m-ben) kezdődik, vagyis a töredezettség lényegileg töréskísérő repedezettség. Ez az utóbbi jól jelentkezik a Deere-féle RQD-paraméter értékében is, amelyet a műszaki ellenőrzés során rögzítettek.



48. Az Üveghuta-1 fúrás töredezettség-vizsgálata – Törésszögmigráció az átlagos töredezettségű zónában

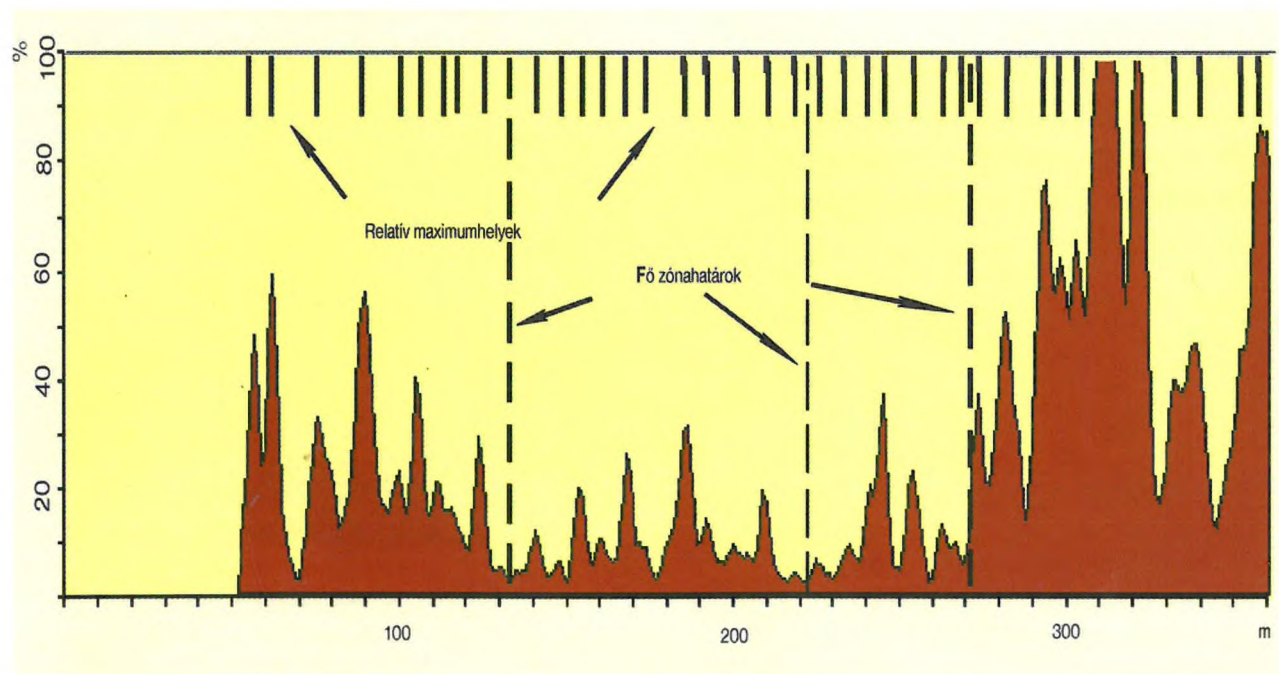
Szeizmikus adatok szerint a töréses öv kb. 45° alatt dől ismeretlen irányba. Az alsó szakasz kőzetrései között az ugyanilyen dőlésűek vannak túlsúlyban, ezért – bár igen lapos és igen meredek kőzetrésből sincs kevés – ezt a települést tekinthetjük a legvalószínűbbnek.

Kilenc mélységköz pakkeres hidraulikai vizsgálatát folytattuk le. Bebizonyosodott, hogy a gránit vízáteresztő-képessége rendkívül alacsony, ami jó minőségű földtani gátra mutat. A 295 méter alatti töréses övben az illető paraméterek értéke 1-2 nagyságrenddel nagyobb volt, ami még mindig elég alacsony ahhoz, hogy a földtani gátat ne

veszélyeztesse.

Az igen kis beáramlások miatt a kapott paraméterek mindössze kb. 10 méter távolságig érvényesek, azonban első közelítésben egyéb adat híján ezeket használtuk a kőzettest egészének jellemzésére.

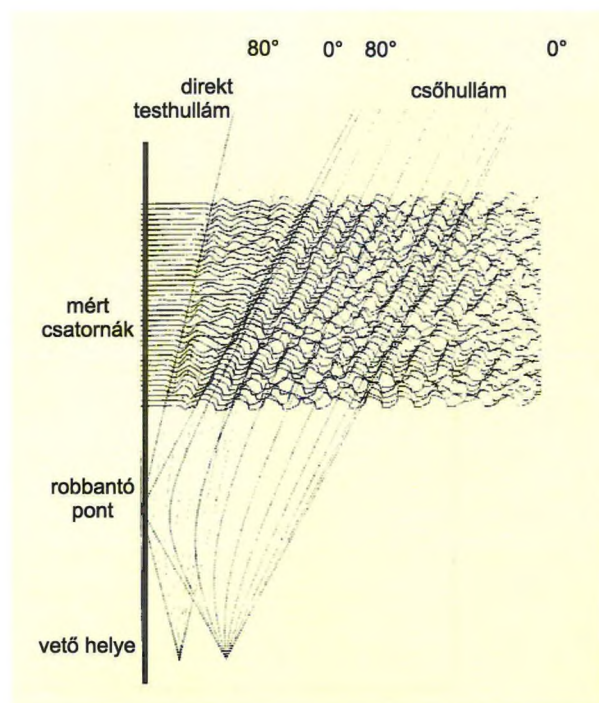
Az áramlási modellben a felszínre lépési idők meghaladták a százezer évet, ez azonban legfeljebb más gránitkörzetekkel való összehasonlításhoz használható érték.



49. Az Üvegkút-1 fúrás magmatitjának törézettsége a mélység függvényében

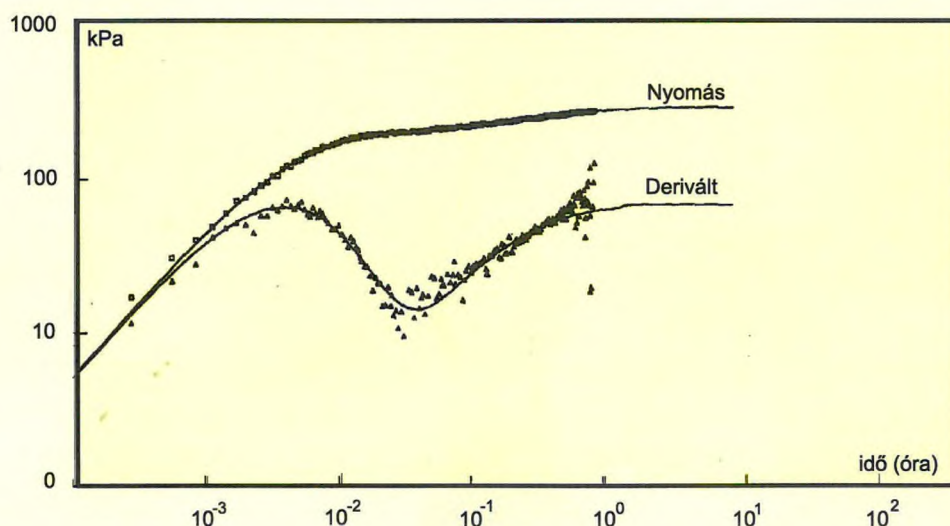


A valóságos felszínre lépési időket a törések helyzete és tulajdonsága szabja meg, de ezekről a törésekről szinte semmiféle adatunk nincs, még a fúrással harántolt töréses övnek sem ismertük meg sem irányát, sem valódi méreteit. Ezért modelleztük a lehető legrosszabb szituációt, amelyben a fúrásban lévő töréses öv a fúráspont közelében észlelt felszíni vízkilépési pontra csatlakozik, s erre a modellre csaknem másfél ezer éves felszínre lépési időt kaptunk, vagyis a földtani gátat a törés ugyan lerontja, de nem oly mértékben, hogy a gátló hatás a szükséges szint alá essen. A víz deutérium- és oxigén-izotóparánya 100 m mélységben még a maihoz hasonló, de 360 m mélységben már a mainál jóval hidegebb éghajlatot jelez, ami földtörténetileg 12 000 évnél régebben



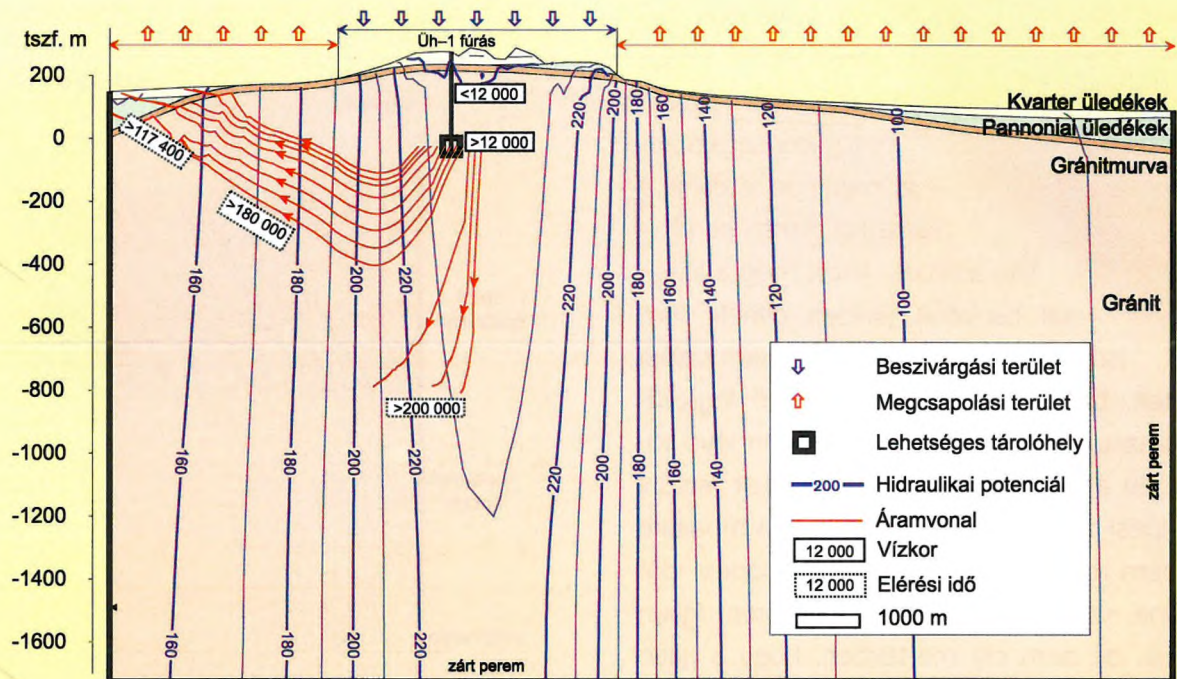
50

ben állhatott fenn, s az ebből számítható lassú le-szivárgás inkább a töréses öv nélküli modell igen nagy értékeivel van összhangban.

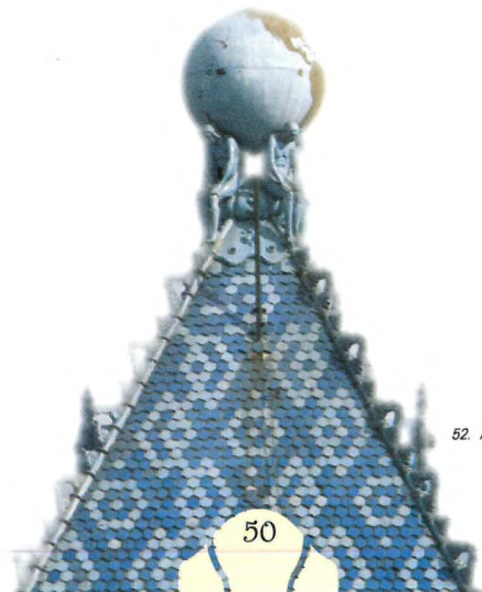


51

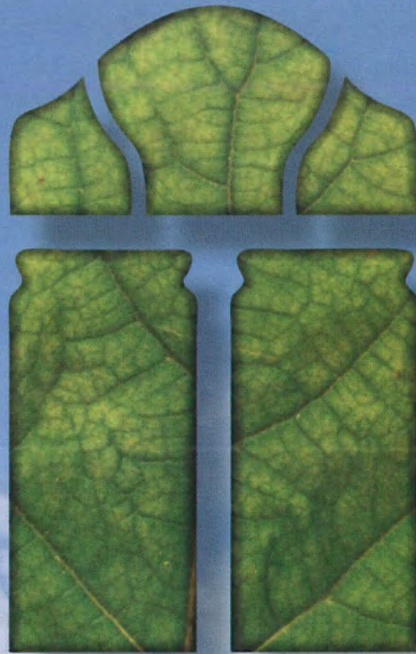
50. Szeizmikus vető kutatás az Űveghuta-1 fúráshoz
51. Hidrodinamikai diagram az Űveghuta-1 fúráshoz



52



52. Áramlási modell elérési időkkel és vízkorokkal Üvegghuta környékén



Negyedik döntési szint

Hogyan tovább? Melyik területre koncentráljuk a részletes kutatást? Röviden tekintsük át az esélyeket. A munkálatok nyomán nyilvánvalóvá vált, hogy a kutatás eredményeként születő adatok bonyolult szövevénye egyre kevésbé kezelhető bármilyen előre megadott kereső és minősítő kritériummal, s egyre inkább különböző körülmények mérlegelése kerül előtérbe.

Lehetséges telephelyeket két különböző földtani környezetben vizsgáltunk: felszíni elhelyezésre löszben és felszín alatti elhelyezésre granodioritban. Granitkőzetet számos országban tanulmányoznak nagy radioaktivitású hulladékok elhelyezésére és tekintenek perspektivikus befogadó közegnek, ezért bőséges és változatos módszertani tapasztalat áll rendelkezésre. Ezzel szemben a lösz általában még kis és közepes radioaktivitású hulladék elhelyezésére is alkalmatlannak vélik, s a hazai szakemberek közül is sokan ellenzik. Mindez nyilvánvalóan, bár csak közvetett módon Üveghuta mellett szól.

Az 1995–1996. évi hazai kutatás jóval nagyobb felszínre lépési időket eredményezett granodioritra, mint löszre. Emellett az áramlási kép granodioritban szimmetrikus és stabil, míg löszben élesen aszimmetrikus és változékony volt, jelentős mértékben függve a szelvényrajzolatától. Mindkét körülmény Üveghuta esélyeit látszik növelni. Valójában azonban a granodioritra kapott áramlási kép szimmetriája és a nagy felszínre lépési idő könnyen származhat abból, hogy adathiány miatt, kényszerűségből a kőzettestet eleve homogénnek tételeztük fel. Világos, hogy a granodioritban törések is léteznek, s nem csak vízzáró törések, mint az Üveghuta–1 fúrásban. Nemzetközi tapasztalatok alapján azonban megvan a remény arra, hogy a kőzettesten belül találunk olyan részt, ahol a felszínre lépési idők megfelelőek. Ugyanakkor Udvari esetében a kapott áramlási kép meglehetősen kedvezőtlen, s a vízkémiai adatok értelmezése nem ad alapot optimista prognózishoz. Diósberénynek Udvarival szemben hátránya, hogy az áramlási kép lényegében azonos volta mellett az ismeretesség jóval alacsonyabb fokú, ezért ha a két potenciális lösz-telephely közül kellene választanunk, Udvarit lenne célszerű előnyben részesítenünk.

Kutatásban közreműködő és adatszolgáltató intézmények

KÖZREMŰKÖDŐK

Bányászat és Környezete Mérnöki Iroda Kft.
Budapesti Műszaki Egyetem Mérnökgeológiai Tanszéke
Elgoscár International Magyar-Amerikai Környezetvédelmi és Mérnökgeofizikai Kft.
Eötvös Loránd Geofizikai Intézet
Eötvös Loránd Tudományegyetem Kőzettan–Geokémia Tanszék, Ásványtani Tanszék
FTV Geotechnikai Geodéziai és Környezetvédelmi Rt.
GeoCHip Kft.
GeoRisk Geofizikai Kutató és Tanácsadó Kft.
Geopard Geotechnikai és Geofizikai Kft.
Golder Associates (Celle Germany)
Golder Associates (Magyarország)
Mélyépterv Kultúrmérnöki Kft.
Miskolci Egyetem Bányászati és Geotechnikai Tanszéke
MTA Atommagkutató Intézete
MTA Földrajztudományi Kutatóintézete
MTA Geodéziai és Geofizikai Kutatóintézete
ÖKO Rt. Környezeti, Gazdasági, Technológiai, Kereskedelmi Szolgáltató és Fejlesztő Rt.
Rotaqua Kft.
SciKomm Kft.
Vizgazdálkodási Tudományos Kutatóközpont Rt. Hidrológiai Intézete

ADATSZOLGÁLTATÓK

Balatoni Intézőbizottság
Belügyminisztérium
Dél-dunántúli és Közép-dunántúli Vízügyi Igazgatóság
ETV–Erőterv Rt
Honvéd Vezérkar Hadművelési Csoportfőnökség
KTM Természetvédelmi Hivatal
Magyar Bányászati Hivatal
Magyar Geológiai Szolgálat
MGSz Dél-dunántúli és Közép-dunántúli Területi Hivatala
Műemlék-felügyelőségek
Önkormányzatok
Szőlészeti és Borászati Kutatóintézet
VÁTI Rt Kültérületi Nyomvonalas Létesítmények Nyilvántartása
Vegyipari és Rendszer-biztonságtechnikai Kft.
VITUKI Rt. Hidrológiai Intézete



A Magyar Állami Földtani Intézet tevékenységi kör és feladatai

ALAPTEVÉKENYSÉG

Az intézet tevékenysége a földtan (geológia) tudományának fejlődését, az ország földtani megismerését, az országos hatáskörű szervek szakágazati tevékenységének ellátásához szükséges tudományos alapokat és információkat biztosítja. Munkája elősegíti a stratégiai nyersanyagkutatást, a környezetvédelmi, vízgazdálkodási, mezőgazdasági, területhasznosítási feladatok megoldását.

KUTATÁSI TEVÉKENYSÉG:

Alapkutatás (Természeti erőforrások)

Tel/Fax: 36-1-251-5669

Az ország területén a földkéreg anyagi, szerkezeti és fejlődéstörténeti sajátosságainak megismerésére irányuló tudományos kutatás végzése.

Földtani térképezés

Tel: 36-1-251-6878

Az ország területének rendszeres és átfogó geológiai, geokémiai, mérnökgeológiai, vízföldtani, agrogeológiai térképezése; a térképek és azok szöveges magyarázatának elkészítése, közreadása.

Környezetföldtan, településfejlesztés

Tel: 36-1-251-5759

Az ország földtani környezetállapotának vizsgálata a geológia eszközeivel, a természetes földtani környezet és az épített környezet egymásrahatásának vizsgálata.

Geokémia

Tel: 36-1-251-4678

Az ország földtani környezetállapotának vizsgálata a geokémia eszközeivel; geokémiai alapszintértékek és anomáliák meghatározása, továbbá ezzel összefüggően az egészségvédelemmel kapcsolatos kutatások és vizsgálatok elvégzése.

Vízföldtan

Tel: 36-1-267-1430

A felszínalatti vizek és tároló képződmények vizsgálata, az ország regionális vízkészletei kutatásának földtani megalapozása ideértve a kapcsolódó megfigyelőhálózat működését is.

Agrogeológia

Tel: 36-1-251-5759

A földtani képződmények agrogeológiai tulajdonságainak vizsgálata és értékelése.

Mérnökgeológia

Tel: 36-1-251-5759

A természeti jelenségek földtani képződményekre gyakorolt hatásainak vizsgálata, a természetes, valamint az emberi beavatkozással összefüggő felszínmozgások veszélyeinek országos vizsgálata.

Állami nyersanyagkutatási feladatok

Tel: 36-1-267-1434

Földtani adatszolgáltatás és ajánlás az ásványi nyersanyag kutatásra, a koncesszióra alkalmas területek kijelöléséhez.

Tudományos szolgáltatás

Az Országos Földtani Múzeum Tel: 36-1-267-1427

Országos Földtani Szakkönyvtár Tel: 36-1-251-2678

Laboratóriumok Tel: 36-1-267-1423

Térinformatika, számítástechnika Tel: 36-1-267-1431

Általános kutatóintézeti feladatok

Szakmai publikációk közreadása

Résztétel a tudományos továbbképzésben

Az állami feladatok ellátásához szükséges adatok szolgáltatása

Kapcsolattartás hazai és külföldi intézményekkel, nemzetközi szervezetekkel

Létszám: 102 kutató, 40 kiegészítő

Kiadványok: MÁFI Évi Jelentés, Geologica Hungarica, MÁFI Évkönyv, Alkalmi kiadványok, Térképek – térképmagyarázók

© Kiadja a Magyar Állami Földtani Intézet

Főszerkesztő: Maros Gyula

Szerkesztők: Balla Zoltán, Ormai Péter, Simonyi Dezső

Grafika: Galambos Csilla, Maros Gyula, Vincze Bálint

Művészeti tervező: Vincze Bálint

Fényképek: Buda György, Ditrői-Puskás Zsúrd, Hack Róbert, MÁFI kutatói,

MTA FKI kutatói, Elgascar Kft. kutatói, Beregnyei Miklós

Úrfelvételek: Copyright: ESA, EURIMAGE, FÖMI, 1996

Példányszám: 500

Nyomda: Páskum Nyomda Szekszárd

